

# **Klinische Ergebnisse nach Osteosynthese der Femurschaftfraktur – Eine retrospektive Analyse von 142 Patienten**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Dr. med.

an der Medizinischen Fakultät

der Universität Leipzig

2019

eingereicht von: Nora Klopsch

eingereicht am: 06.05.2019

angefertigt an der: Universitätsklinikum Leipzig  
Department für Operative Medizin  
Klinik für Orthopädie, Unfallchirurgie und Plastische Chirurgie

Verteidigung am: 21.01.2020

Beschluss über die Verleihung des Doktorgrades vom: 28.01.2020

# Inhaltsverzeichnis

Bibliographische Beschreibung.....	4
Abkürzungsverzeichnis.....	5
<b>1. Vorbetrachtung.....</b>	<b>6</b>
1.1 Anatomie und Biomechanik des Femur .....	6
1.2 Epidemiologie und Unfallmechanismus .....	8
1.3 Diagnostik.....	9
1.4 Klassifikationen.....	10
1.4.1 AO-Klassifikation .....	10
1.4.2 Klassifikation der Weichteilverletzungen .....	13
1.4.3 Abbreviated Injury Scale (AIS) und Injury Severity Score (ISS) .....	15
1.5 Begleitverletzungen .....	16
1.6 Therapie.....	17
1.6.1 Konservative Frakturversorgung .....	17
1.6.2 Operative Frakturversorgung.....	18
1.7 Nachbehandlung .....	25
1.8 Komplikationen .....	26
1.9 Prognose .....	26
<b>2. Aufgabenstellung .....</b>	<b>27</b>
<b>3. Material und Methoden .....</b>	<b>28</b>
3.1 Patientenkollektiv.....	28
3.2 Implantate.....	29
3.2.1 Fixateur externe .....	30
3.2.2 Antegrader Femurnagel .....	30
3.2.3 Retrograder Femurnagel.....	30
3.2.4 Plattenosteosynthese .....	30
3.3 Auswertung der Röntgenbilder .....	31
3.4 Operateure .....	33
3.5 Komplikationen .....	33
3.6 Daten zur Einschätzung der subjektiven Lebensqualität .....	33
3.7 Datenbearbeitung.....	37
3.8 Ethikvotum.....	37
<b>4. Ergebnisse.....</b>	<b>38</b>
4.1 Patientenkollektiv .....	38
4.2 Frakturursachen .....	39
4.3 Frakturklassifikationen.....	41
4.4 Frakturversorgung .....	42
4.5 Komplikationen.....	45
4.6 Stationäre Verweildauer.....	48
4.7 Radiologische Ergebnisse.....	49

4.8	Letalität.....	50
4.9	Subjektive Einschätzung der Lebensqualität nach Operation.....	50
5.	Diskussion.....	55
6.	Zusammenfassung der Arbeit .....	68
7.	Anhang .....	70
7.1	Literaturverzeichnis.....	70
7.2	Abbildungsverzeichnis .....	80
7.3	Erklärung über die eigenständige Abfassung der Arbeit .....	81

## **Bibliographische Beschreibung**

Von                                Nora Klopsch  
Titel:                             Klinische Ergebnisse nach Osteosynthese der Femurschaftfraktur –  
   Eine retrospektive Analyse von 142 Patienten  
angefertigt am:                Universitätsklinikum Leipzig, Department für Operative Medizin  
   Klinik für Orthopädie, Unfallchirurgie und Plastische Chirurgie

Die Arbeit umfasst 81 Seiten, 25 Abbildungen, 20 Tabellen und 124 Literaturstellen.

### **Referat:**

Die Arbeit befasst sich mit anonymisierten Daten von 142 Patienten mit 159 Fällen (17 Patienten wurden beidseitig operiert) einer Femurschaftfraktur die im Uniklinikum Leipzig versorgt wurden. Dabei wurden drei verschiedene Osteosyntheseverfahren angewendet: antegrade und retrograde intramedulläre Marknagelung sowie die Plattenosteosynthese. Die Aufgabenstellung umfasst eine retrospektive Analyse der postoperativen Ergebnisse zwischen Januar 2003 bis Dezember 2010 unter Einbeziehung der Komplikation sowie der subjektiven Lebensqualität. Sofern sich die eingeschlossenen Patienten zur weiteren postoperativen Nachbehandlung in unserer unfallchirurgischen Hochschulambulanz vorstellten, wurden die entsprechenden Ambulanzkarteneinträge und die ggf. erhobenen Fragebögen (z.B. EQ-5D) zur Selbsteinschätzung der subjektiven Lebensqualität im Rahmen einer Subgruppenanalyse sowie zugehörige Röntgenbilder ausgewertet. Es konnte festgestellt werden dass geringfügige Unterschiede bezüglich Komplikationen und Lebensqualität bei den verwendeten operativen Verfahren vorhanden sind. Diese werden in der Arbeit näher betrachtet und anhand der aktuellen Literatur diskutiert. Postoperativ konnten wir insgesamt eine sehr hohe Heilungsrate verzeichnen. Es traten bei 11% der Fälle Komplikationen (Pseudarthrose, Infektion, Implantatbruch, Rotationsfehler, sek. Dislokation) auf, wobei der AFN Vorteile in der Komplikationsrate sowie der subjektive Lebensqualität verzeichnete. Darüber hinaus erfüllt unsere Studie den Zweck eines epidemiologischen Updates des Patientenkollektives am Universitätsklinikum Leipzig.

## Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
AFN	Antegrader Femurnagel
AIS	Abbreviated Injury Scale
AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese
bzw.	beziehungsweise
cm	Zentimeter
CT	Computertomographie
DCO	Damage control orthopedics
DFN	Distaler Femurnagel
EQ-5D	Gesundheitsfragebogen zur Lebensqualitätseinschätzung der EuroQol Group
ETC	Early total care
et al.	et alii
ICD-10	International Classification of Diseases Nr.10
ISS	Injury Severity Score
k. A.	keine Angaben
kg	Kilogramm
MIPO	minimalinvasive Plattenosteosynthese
mm	Millimeter
MRT	Magnetresonanztomographie
n	Fallzahl
p	Signifikanzwert
Tab.	Tabelle
%	Prozent

## 1. Vorbetrachtung

### 1.1 Anatomie und Biomechanik des Femur

Das Femur (Os femoris) ist der längste und stärkste Röhrenknochen des menschlichen Körpers (Abb. 1). Es gliedert sich in Caput, Collum und Corpus femoris mit dem Isthmus femoris als engste Stelle (Platzer 1999, Wurzinger 2007). Es macht ca. 25% der Gesamtlänge des menschlichen Körpers aus und bestimmt im Wesentlichen die Körpergröße (Rüter et al. 2008). Die Form des Femurs wird durch eine physiologische Antekur-

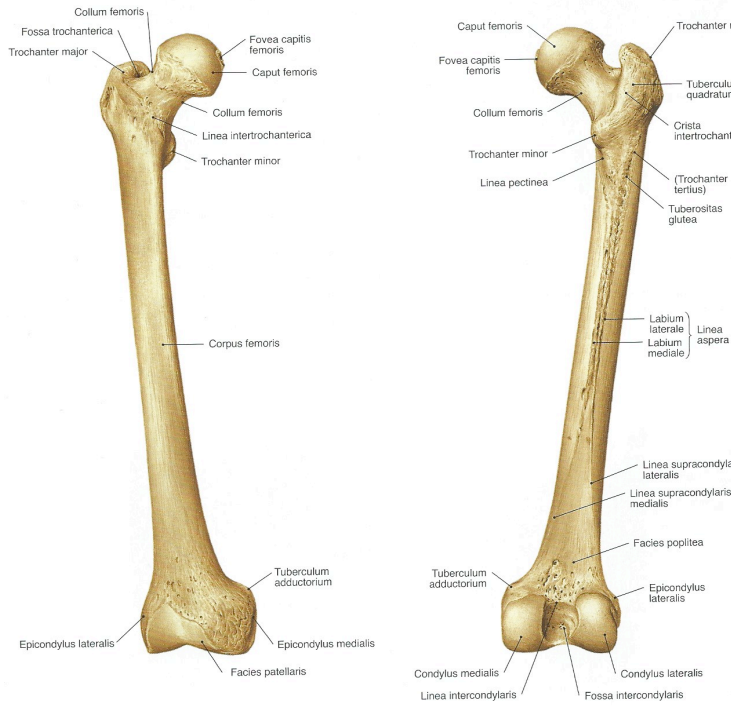


Abb. 1: Femur (Sobotta 2006)

vation des Femurschaftes und Antetorsion des Schenkelhalses von 12° mitbestimmt, welche für das Marknageldesign und die Plattenplatzierung mit beachtet werden muss. Diese steht funktionell im Zusammenhang mit der nach außen rotierten Tibia. Ein Maß für die Beschreibung der Antekurvatur des Femurs ist der anatomische posteriore distale Femurwinkel (aPDFW) in der Sagittalebene (Abb. 2). Er beträgt im Durchschnitt 83° (79°-87°). Jede Indikationsstellung und Planung von Korrekturosteotomien im Bereich des Oberschenkels setzt eine genaue klinische und bildgebende Analyse der Beingeometrie voraus (Keppler et al. 1998). Im Stand und Gang ist das Femur hohen axialen Belastungen sowie Biegungs- und Torsionskräften ausgesetzt. Die mechanische Beinachse, auch Traglinie genannt, ist definiert durch die Verbindungslinie von Caput femoris (Hüftkopfbereich), Eminentia intercondylaris (Knie) und Talusrolle (oberes Sprunggelenkszentrum des Talus). Sie nimmt das Gewicht des Rumpfes auf. Am Femur verläuft die Traglinie medial des Schaftes. Daher bilden die Schaftachse des Femurs mit der Längsachse der Tibia einen

nach lateral offenen Winkel (Femorotibialwinkel) von  $174^\circ$  (Wurzinger 2007, Rüter et al. 2008).

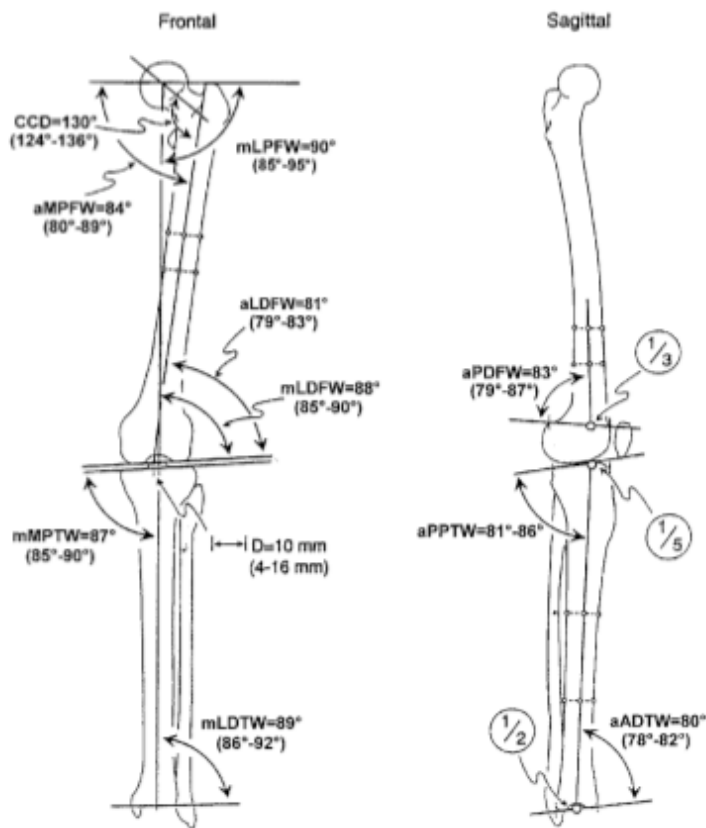


Abb. 2: Physiologische Achsenverhältnisse und Gelenkwinkel an der unteren Extremität (Liener et al. 1997)

Das Femur ist von kräftigen Muskelgruppen umgeben und am Hüftgelenk von einem starken Bandapparat gehalten. Bei Frakturen haben die jeweiligen Muskelgruppen Einfluss auf die Fragmentdislokation in Abhängigkeit der Frakturlokalisation. Bei Frakturen im proximalen Schaftdrittel und in der Schaftmitte führen die Muskelkräfte zu einer Flexion und Außenrotation des proximalen Fragments sowie zur Seitverschiebung des distalen Fragmentes nach medial.

Eine Fraktur im distalen Schaftdrittel ist mit einer Adduktion des proximalen und einer Flexion des distalen Fragments nach dorsal assoziiert. Darüber hinaus kann es durch den Muskelzug zu Verkürzungen kommen. Die Linea aspera ist eine wichtige Orientierung zur Kontrolle der Fragmentrotation (Rüter et al. 2008, Wurzinger 2007, Lögters et al. 2009).

Der Schaft des Femurs besitzt eine massive Kompakta, die stark durchblutet ist. Bei einer Fraktur des Femurs, kann es zu Blutverlusten von ein bis drei Litern und somit zu einem Volumenmangelschock kommen (Wurzinger 2007). Blutkonserven sollten daher routinemäßig vorgehalten werden.

Die Innervation des Oberschenkels erfolgt aus den Nervenwurzeln L1 bis L4 für die medialen, ventralen und lateralen Dermatome der unteren Extremitäten und aus den Nervenwurzeln L5 bis S2 für die dorsalen und lateralen Dermatome (Abb.3). Aus dem

Plexus lumbalis gehen hervor der N. genitofemoralis, N. femoralis mit dem N. saphenus, N. obturatorius, N. cutaneus femoris lateralis, die ventral, medial und lateral durch die Oberschenkelmuskulatur ziehen und mit ihren Ästen die Haut und Muskulatur innervieren. Der N. saphenus zieht mit den Femoralgefäßen durch den Hiatus adductorius. Aus dem Plexus sacralis gehen der N. ischiadicus und der N. cutaneus femoris posterior hervor, die dorsal mit der Oberschenkelmuskulatur entlangziehen. Der N. ischiadicus liegt in der ischio-kruralen Muskulatur und teilt sich auf Höhe des distalen Femur in den medialen N. tibialis und den lateralen N. fibularis, welche in die Fossa poplitea ziehen (Wurzinger 2007). Der N. ischiadicus ist bei Fragmentdruck und Traktionstraumen gefährdet. Das Risiko für den N. femoralis ist diesbezüglich geringer (Rüter et al. 2008).

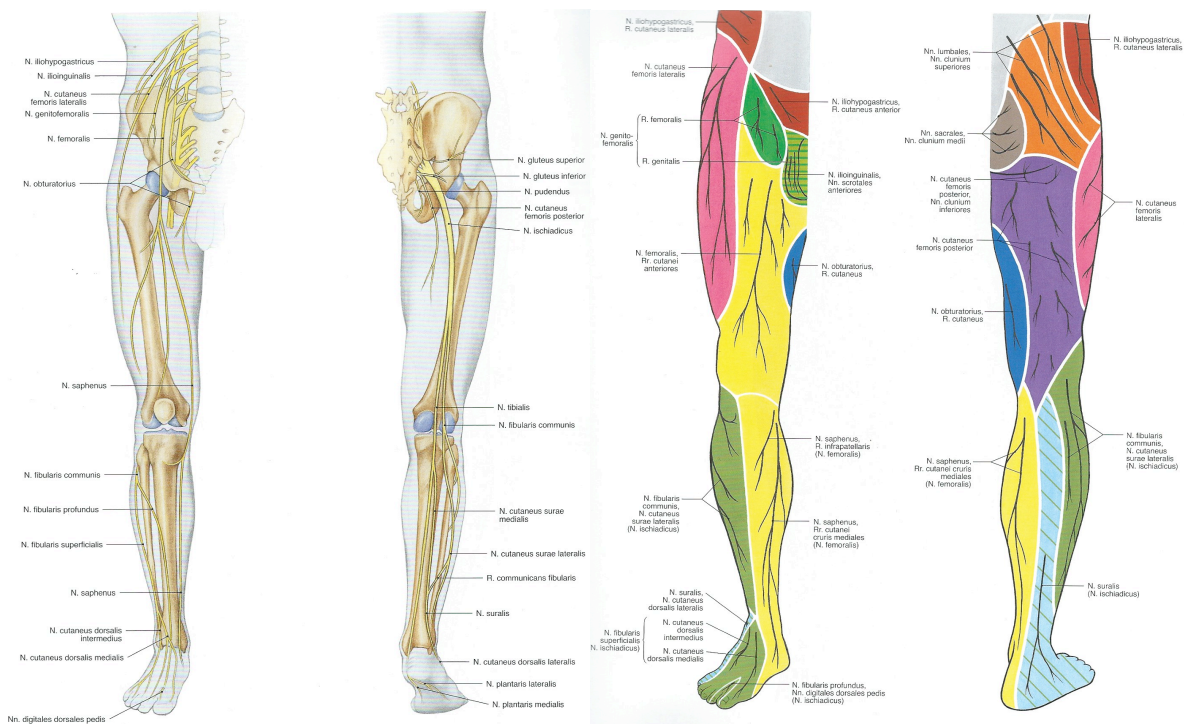


Abb. 3: Die Innervation der unteren Extremität (Sobotta 2006)

## 1.2 Epidemiologie und Unfallmechanismus

Femurschaftfrakturen treten mit einer Inzidenz von ca. 10 bis 13 auf 100 000 Einwohner pro Jahr auf (Stannard et al. 2012, Krettek und Gösling 2012, Weiss et al. 2009). Man beobachtet 2 Häufigkeitsgipfel, wobei insgesamt Männer und Frauen etwa gleich häufig betroffen sind. Der Altersmedian für Männer liegt mit 27 Jahren deutlich unter dem für



Frauen mit 79 Lebensjahren. Am häufigsten betroffen sind Frauen über dem 80. und Jungen unter dem 10. Lebensjahr (Dovi-Akue et al. 2009, Wentzensen et al. 2012). Während in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts noch Hochenergietraumen überwiegend ursächlich waren, stellt mittlerweile der Sturz des älteren Menschen eine zunehmende Ursache für Femurschaftfrakturen dar (Weiss et al. 2009). Insbesondere beim jüngeren Menschen wird in der Regel eine beträchtliche Krafteinwirkung benötigt. Sie kann beispielsweise durch einen Verkehrsunfall, einen Sturz aus großer Höhe und Quetschungsverletzungen verursacht werden (Rüter et al. 2008). Weiterhin können periprothetische Frakturen oder pathologische Frakturen ursächlich sein. Letztere sind spontane Frakturen, die ohne adäquates Trauma, aufgrund einer erkrankungsbedingten Schwächung des Knochens auftreten (beispielsweise bei Osteoporose, Osteomyeliden oder Tumor-metastasen) (Berchtold 2008). Direkte Hochrasanztraumen führen in der Regel zu einfachen Frakturformen mit starker Dislokation und Weichteilschädigung. Breitflächige Krafteinwirkungen bedingen in vielen Fällen Etagen- oder Trümmerbrüche. Indirekte Gewalteinwirkungen resultieren beispielsweise in langen Dreh- und Drehkeilfrakturen oder Frakturen mit Biegungskeil mit geringerem Weichteiltrauma. Frakturen durch Schuss- oder Explosionsverletzungen sind durch große Knochendefekte und ausgedehnte Weichteiltraumen charakterisiert. Ungefähr ein Drittel aller Patienten mit einer Femurschaftfrakturen sind mehrfachverletzt (Lögters et al. 2009, Siewert 2001, Rüter et al. 2008).

### **1.3 Diagnostik**

Die Diagnose wird meist klinisch gestellt und durch Röntgenaufnahmen bestätigt. Frakturen des Oberschenkelchaftes kennzeichnen sich klinisch durch starke Schmerzen, Verkürzung und Fehlstellung des Beins, Instabilität und Bewegungsunfähigkeit (Siewert 2001). Nur das distale Ende des Femur kann palpatorisch untersucht werden. Die klinische Untersuchung umfasst zudem die Inspektion des Weichteilmantels mit Beurteilung von Lokalisation und Ausdehnung des begleitenden Weichteilschadens, gefolgt von der Evaluation des neurovaskulären Status in der Peripherie. Bei Mehrfachverletzten oder hämodynamisch instabilen Patienten ist die Dopplersonographie, Logendruckmessung oder Angiographie zur Überprüfung der peripheren Durchblutung hilfreich (Lögter et al. 2009, Rüter et al. 2008). Als sichere klinische Frakturzeichen gelten Fehlstellung mit abnormer Beweglichkeit, Krepitationen und das Sichtbarwerden von Fragmenten bei offenen Wunden. Als unsichere Frakturzeichen werden die klassischen Entzündungs-

zeichen sowie die Hämatombildung benannt (Berchtold 2008). Die Weichteilschäden werden nach Tscherné und Oestern bzw. Gustilo und Anderson klassifiziert (Siewert 2001). Einzelheiten von Schaft-, Hals- oder Kopfabschnitten des Femur sind nach primärer Schienung und ggf. unter vorsichtigem Längszug des Oberschenkels durch Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen zu erfassen und gehören zur Standarddiagnostik. Es sollten die angrenzenden Gelenke dargestellt werden, ergänzt durch eine Beckenübersichtsaufnahme. So können Begleitverletzungen wie beispielsweise eine Patellafraktur, eine Hüftluxation, eine Schenkelhalsfraktur oder eine Azetabulumfraktur erfasst oder ausgeschlossen werden (Lanz und Wachsmuth 2004, Rüter et al. 2008, Esser et al. 2009). Röntgenaufnahmen einer frischen Fraktur zeigen eine scharfe Zeichnung der Frakturrenden mit Kontinuitätsunterbrechung der Kortikalis, Unregelmäßigkeiten oder Kompression der Spongiosa und eine Fehlstellung der Knochenachse. Als radiologisches Frakturzeichen ist der Frakturspalt beweisend. Zu den indirekten radiologischen Frakturzeichen zählen die Weichteilschwellung und durch Verlagerung innerhalb der Weichteile als Aufhellungslinie erkennbare paraartikuläre Fettlinien (Kauffmann et al. 2006). Die Schnittbilddiagnostik (MRT oder CT) ist für die initiale Entscheidungsfindung bezüglich des operativen Verfahrens selten notwendig.

#### **1.4 Klassifikationen**

Ziel der Klassifikationen von Frakturen und Weichteilverletzungen ist es, ein Instrument zu besitzen, das dem Betrachter die Möglichkeit verschafft, neutrale Vergleiche zu erstellen und den Schweregrad der Verletzungen und die daraus resultierenden therapeutischen Konsequenzen abzuleiten. In der Traumatologie spricht man von einer Schaftfraktur, wenn sich die Fraktur in dem Bereich distal der subtrochantären Zone und oberhalb der Condylen befindet (Rüedi et al. 2003). Im folgenden Text wird daher der Begriff des Femurschaftes in Anlehnung an die klinische Praxis benutzt. Es existieren zahlreiche Klassifikationen für das Femur, die sich im Laufe der Zeit entwickelten und an die Erfordernisse der Medizin immer wieder angepasst wurden. Betrachtet man ausschließlich die Femurdiaphyse, reduzieren sich die Klassifikationssysteme auf die folgenden Einteilungen.

##### **1.4.1 AO-Klassifikation**

Im Jahre 1958 wurde in Biel die Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese (AO) durch 14 Schweizer Ärzte gegründet, die sich der Forschung, Entwicklung und Lehre im Bereich der

Traumatologie zu widmen begann. Der zugrundeliegende Gedanke war durch eine feste Fixierung des Knochenbruchs eine frühe und funktionelle Rehabilitation zu erreichen, da Frakturen bis zu diesem Zeitpunkt geschlossen gerichtet und konservativ behandelt wurden. Dies hatte vermehrt Fehlstellungen, Muskelatrophien und Bewegungseinschränkungen mit einer langen Rehabilitationsphase zur Folge. Die chirurgische Frakturversorgung existierte nur vereinzelt, wobei Gerhard Küntscher als einer der Pioniere zu nennen ist, der die Markraumnagelung entwickelte. Es entstand nach Müller et al. in den 1960er Jahren eine eindeutige

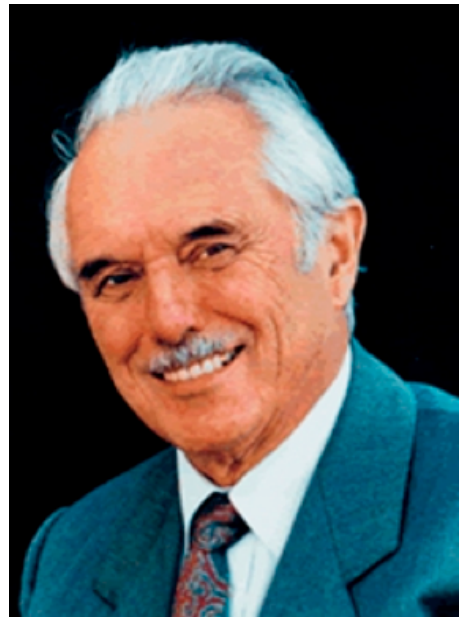


Abb. 4: M.E. Müller  
(Müller ME 1992)

Beschreibung von Frakturen am menschlichen Skelett die seit ca. 1980 unter dem Begriff der AO-Klassifikation weltweit Verwendung findet (Heim 2011, Povacz 2007) (Abb. 4). Das System besteht aus einem 4 bis 5-stellige alphanumerischen Code zur Lokalisation und Beschreibung eines Bruches. Demnach wird jedem der langen Röhrenknochen beziehungsweise von Knochengruppen eine Ziffer von 1 bis 9 zugeordnet gefolgt von einer genaueren Festlegung der Frakturlokalisierung von proximal nach distal mit den Ziffern 1 bis 3, wofür die Lage des Zentrums der Fraktur entscheidend ist. Die Malleolen bilden eine Ausnahme als viertes Segment des Knochenpaares der distalen Tibia und Fibula. An dritter Stelle folgt eine Beschreibung des Schweregrades der Fraktur, der steigenden Komplexität ihrer Morphologie, sowie dem Schwierigkeitsgrad der Frakturbehandlung und Prognose. Man unterteilt die Frakturen weiterhin in drei Typen (Abb. 5):

Die Typ A-Frakturen der Diaphyse beschreibt einfache Bruchformen mit zwei Fragmenten die in direktem Kontakt stehen und hat die günstigste Prognose: A1 bezeichnet den spiralförmiger, A2 den schrägen ( $>30^\circ$ ) und A3 den queren ( $<30^\circ$ ) Frakturverlauf.

Die Typ B-Frakturen sind Keilfrakturen und besitzen mehr als zwei Fragmente, wobei die beiden Hauptfragmente teilweise Kontakt zueinander haben: B1 mit Drehkeil, B2 mit Biegungskeil und B3 mit fragmentiertem Keil.

Die Typ C-Frakturen entsprechen komplexen mehrfragmentären Frakturen ohne Kontakt der Hauptfragmente zueinander: C1-Frakturen sind mehrfragmentär, C2-Frakturen segmental quer- oder schräg auf zwei Etagen, C3-Frakturen sind irregulär langstreckige Trümmerbrüche (AO/OTA Fracture and Dislocation Classification Compendium 2017, Wolinsky und Stephen 2008, Rüter et al. 2008).

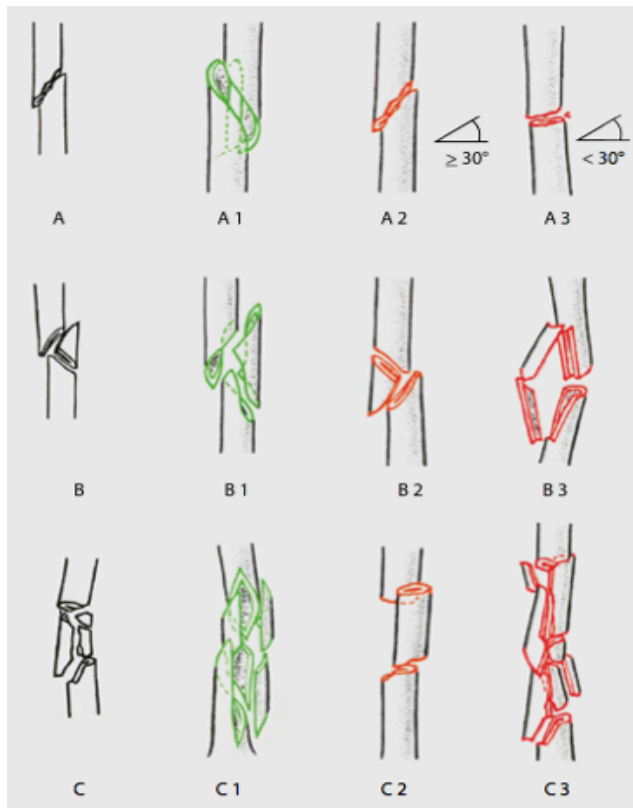


Abb. 5: AO-Klassifikation der diaphysären Oberschenkelfraktur (AO Publishing 2008)

Die Femurschaftfraktur ist nach der M.E. Müller-AO-Klassifikation für lange Röhrenknochen klassifiziert und mit der Nummer 3 belegt. Der Schaft ist als Segment 2 klassifiziert. Daraus ergibt sich die Nomenklatur: AO 32. Demnach würde beispielsweise der Code AO 32 A1 eine einfache (A) spiralförmige (1) Fraktur in der Mitte (2) des Oberschenkelknochens (3) beschreiben.

An fünfter Stelle folgt eine Untergruppierungen und ergänzt bei den Typ A und Typ B- Frakturen mit der Bezeichnung 1 bis 3 eine Spezifizierung der diaphysären Lokali-

sation von proximal nach distal (beispielsweise AO 32 A 2.1, wobei die Ziffer 1 für den subtrochantäre Zone steht). Im diaphysären Bereich hat die Untergruppierung für die primäre Diagnostik und Therapie eine untergeordnete Bedeutung.

Es ergeben sich somit unter voller Ausschöpfung der Klassifikationsmöglichkeiten für den diaphysären Femurbereich 27 Möglichkeiten für die Beschreibung der Fraktur. Damit wird deutlich, dass eine Femurschaftfraktur eine komplexe Verletzung darstellen kann und dementsprechend differenziert einer adäquaten Therapie zugeführt werden sollte. Für vergleichende Studien und wissenschaftlichen Betrachtungen ist die exakte Beschreibung

unerlässlich und die AO-Klassifikation ein gängiges Instrument (AO Classification in [www.aofoundation.org](http://www.aofoundation.org) (o.D.), Müller et al. 1992, Heim 2011, Povacz 2007).

#### **1.4.2 Klassifikation der Weichteilverletzungen**

Neben der Versorgung des Frakturgeschehens ist es wichtig die Weichteilverletzungen in das Frakturmanagement einzubeziehen, da sie die Therapie und die Heilungsrate mit bestimmen. Besonders geschlossene Verletzungen führen zu Gewebshypoxie, Azidose und Permeabilitätsschäden der Blutgefäße, welches zu Ödem, Schwellung und interstitieller Druckerhöhung führt die wiederum die Hypoxie und Azidose verstärkt. Bei offenen Verletzungen stellt die fehlende Weichteildeckung und die damit einhergehende Infektionsgefahr ein größeres Problem dar (Oestern und Tscherne 1983, Krettek 1998). Darum ist eine möglichst genaue Einschätzung des Weichteilschadens Voraussetzung für die wirksame Behandlung und den Vergleich verschiedener Therapieformen. Das Ausmaß des offenen Weichteilschadens bei offenen Frakturen kann in der Regel erst intraoperativ beim Debridement und bei der Versorgung erkannt werden (Muhr und Knopp 1989). Die Einschätzung des Weichteilschadens bei geschlossenen Frakturen ist wegen der Unzugänglichkeit der darunterliegenden Gewebeschichten schwierig. Sie stützt sich auf direkte Zeichen wie Kontusionsmarken und Schürfmale sowie auf indirekte sekundär entstehende Zeichen wie Schwellung, Hautnekrosen, Spannungsblasen, den Zustand der Mikrozirkulation und Änderungen im peripheren Neurostatus. Die Schwierigkeit bei der Klassifikation geschlossener Frakturen besteht darin, dass die Ausbildung der indirekten Zeichen zeitabhängig ist. Das bedeutet vor allem bei den heute üblichen, außerordentlich kurzen Rettungszeiten, dass der initiale Weichteilschaden oft falsch ein- und meist unterschätzt wird (Krettek 1998).

##### **1.4.2.1 Klassifikation nach Tscherne und Oestern**

Tscherne und Oestern unterscheiden in ihrer Klassifikation offene von geschlossenen Frakturen. Diese Klassifikation wird häufig in der klinischen Praxis eingesetzt (Tab. 1).

Tab. 1: Klassifikation nach Tschernie und Oestern

*geschlossene Frakturen:*

Grad 0	fehlende oder unbedeutende Weichteilverletzung, indirekter Verletzungsmechanismus
Grad I	oberflächliche Schürfung oder Kontusion durch Fragmentdruck von innen
Grad II	tiefe kontaminierte Schürfung sowie Haut- oder Muskelkontusion durch direkte Krafteinwirkung, drohendes Kompartmentsyndrom
Grad III	ausgedehnte Hautkontusion, -quetschung oder Zerstörung des Muskulatur, subkutanes Décollement, manifestes oder dekompensiertes Kompartmentsyndrom, Verletzung eines Hauptgefäßes

*offene Frakturen:*

Grad I	Durchspießung der Haut von innen (punktförmige Verletzung), unbedeutende Kontamination
Grad II	Ausgedehnte Weichteilverletzung und Gewebekontusion über dem Frakturgebiet
Grad III	ausgedehnte Weichteildestruktion, häufig Gefäß- und Nervenverletzungen, starke Wundkontamination mit freiliegender Fraktur
Grad IV	subtotale und totale Amputation, Durchtrennung der wichtigsten anatomischen Strukturen, vollständige Ischämie

#### **1.4.2.2 Klassifikation nach Gustilo und Anderson**

Gustilo und Anderson beschrieben in den 70er Jahren ein leicht überschaubares System auf der Basis einer mehr als 1000 offene Frakturen umfassenden retrospektiven Analyse. Für die offenen Frakturen ist die Klassifikation nach Gustilo in ihrer für die drittgradigen Frakturen erweiterten Form am meisten verbreitet (Krämer und Grifka 2007). Zwar liegt beim offenen Weichteilschaden eine Kontinuitätsdurchtrennung der Haut im Zusammenhang mit der Frakturzone vor, ein Großteil des Weichteilschadens kann aber unter intakten Weichteilen verborgen liegen. Die Größe der Hautwunde erscheint deshalb nicht als ausreichendes Klassifizierungsmerkmal (Gustilo et al. 1984). Diese Klassifikation wird häufig in der klinischen Praxis im englischen Sprachraum eingesetzt (Tab. 2).

Tab. 2: Klassifikation nach Gustilo und Anderson

Typ I	Fraktur mit sauberer Wunde oder < 1 cm mit geringer oder ohne Kontamination (Durchspießung eines Frakturendes)
Typ II	Fraktur mit Hautdefekt > 1 cm, ohne oder geringer Kontusion der umgebenden Weichteile
Typ III	Fraktur mit ausgedehntem Weichteildefekt, Gefäßverletzung, Hochrasanztrauma
Typ III A	Ausreichend Weichteildeckung der Fraktur
Typ III B	Ausgedehnter Weichteildefekt und Kontusion, periostaler Defekt
Typ III C	Alle offene Frakturen mit interventionspflichtiger Arterienverletzung, unabhängig vom Fraktur-Typ

#### 1.4.3 Abbreviated Injury Scale und Injury Severity Score

Der Injury Severity Score (ISS) ist eine gebräuchliche anatomische Verletzungsgradeinteilung zur Einschätzung von Patienten mit multiplen Verletzungen und der Schwere der Verletzungen. Die ISS-Tabelle umfasst Werte zwischen 0 und 75. Als Betrachtungsgrundlage dienen die Maximal-Werte der AIS-Codes (Abbreviated Injury Scale) für die 6 ISS-Körperregionen (Kopf/Hals, Gesicht, Thorax/BWS, Abdomen/LWS, Beckengürtel/Extremitäten, Weichteile/Körperoberfläche). Verletzungen werden durch die AIS in Schweregrade von 1 (minor) bis 6 (unsurvivable) eingeteilt. Laut Erstbeschreibung wird der ISS als Summe der Quadrate der drei am schwersten betroffenen Systeme gebildet. In die Beurteilung der Gesamtverletzungsschwere mittels ISS gehen Femurschaftfrakturen mit 2 bis 4 AIS-Punkten ein. Wird einer Körperregion eine 6 zugeordnet ist der ISS definitionsgemäß 75. Insbesondere die modernen Polytrauma-Definitionen bauen auf dem ISS (ISS  $\geq$  16 Punkte) auf (Rüter et al. 2008, ISS in [traumascor.com](http://traumascor.com) sowie [trauma.org](http://trauma.org) (o.D.), Müller et al. 2016/17).

Mit der Interpretation des ISS befasst sich unter anderem Susan Baker. Laut Baker steigt die Mortalitätsrate einerseits mit dem ISS-Punktwert, dem Alter des Patienten und der Dauer seit Unfallzeitpunkt (Baker 1974). Auch neuere Studien beschreiben eine enge Korrelation des ISS Wertes zur Letalitätsvorhersage mit einer hohen Spezifität (Foltin et al. 1993).

## 1.5 Begleitverletzungen

Typische Begleitverletzungen bei Femurschaftfrakturen sind: Hüftluxation und Luxationsfrakturen des Azetabulums, ipsilaterale Schenkelhalsfrakturen sowie ossäre und ligamentäre Verletzungen des Knies. Oberschenkelhalsfrakturen sind in 2,5–6 % der Fälle mit Femurschaftfrakturen vergesellschaftet und werden in 30% der Fälle übersehen. Daher zählt die Beckenübersichtsaufnahme zum Standard (Rüter et al. 2008). Angesichts der hohen Komplikationsrate der Schenkelhalsfraktur mit dem Risiko der avaskulären Hüftkopfnekrose hat ihre Versorgung Priorität vor der Versorgung der Schaftfraktur. Sie beeinflusst wesentlich die operative Strategie und Implantatwahl (Lögters et al. 2009, Rüter et al. 2008). Größere epidemiologische Daten zu ipsilateralen Kniebinnenschäden liegen bisher nicht vor. Jedoch konnten magnetresonanztomographische Studien ligamentäre und meniskale Begleitverletzungen am Knie in bis zu 40 % der Fälle bei Femurschaftfrakturen nachweisen (Dickson et al. 2002). Zwar stehen diese Verletzungen primär nicht im Vordergrund, sie sollten jedoch nach Stabilisierung der Femurfraktur evaluiert und therapiert werden, um sekundäre Gelenkschäden zu vermeiden (Lögters et al. 2009, Rüter et al. 2008).

Nach der Literatur sind ca. 25% aller Femurschaftfrakturen mit einem Polytrauma vergesellschaftet und haben eine hohe Versorgungspriorität. Hieraus resultiert meist ein komplexes und aufwendiges Traumamanagement, bei dem die Verletzung des Femurs nur einen Teil der zu behandelnden Traumafolgen darstellt. Es werden derzeit zwei verschiedene Konzepte favorisiert (Abb. 6): die abgestuften Primärversorgung (DCO = Damage control orthopedics) versus früher Definitivversorgung (ETC = Early total care). Hintergrund dafür ist das Verständnis einer lokalen wie auch

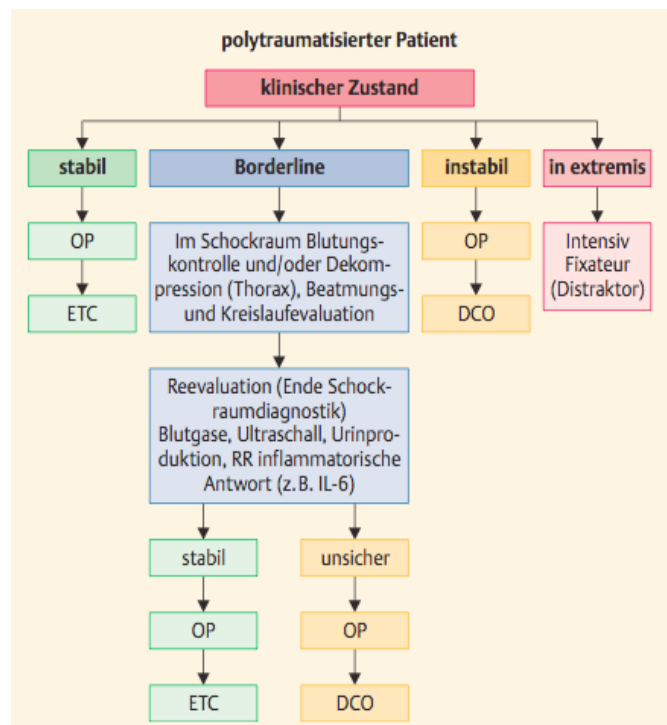


Abb. 6: Handlungsalgorithmus polytraumatisierter Patienten  
(nach Pape et al. 2002)



systemischen Immunreaktion nach schweren Mehrfachverletzungen, die in ein SIRS (systemisch inflammatorisches Response Syndrom) oder ein MOV (Multiorganversagen) führen kann. Neben dem First Hit durch eine unfallbedingte Schädigung des Organismus, ist eine Immunantwort ebenfalls von einem Second Hit aufgrund des operativen Geschehens zu beachten. Mehrfachverletzte sind während der hyperinflammatorischen Phase (Tag 2 bis 4 nach Trauma) besonders vulnerabel für eine iatrogene Sekundärschädigung. Der 5. bis 10. Tag stellt das sogenannte Window of Opportunity für Verfahrenswechsel oder rekonstruktive Eingriffe dar. In der folgenden Phase der Immunsuppression steigt das Risiko eines septischen MOV. Während Schwerverletzte prinzipiell von einer frühen definitiven Frakturstabilisierung profitieren, befürwortet das Prinzip der DCO die Minimierung von Sekundärschäden in der Initialphase insbesondere bei instabilen Patienten mit erheblichen Schädel-Hirn-, Thorax- oder Abdominaltraumen sowie einem hohen ISS. Die DCO verfolgt durch Reduktion der Operationsdauer und Intensität die Begrenzung des Risikos für systemische Komplikationen. Femurschaftfrakturen würden demnach primär mit einem Fixateur externe versorgt werden (Hildebrand et al. 2004, Stahel 2005, Weber und Pape 2012).

## **1.6 Therapie**

Ziel der Behandlung von Femurschaftfrakturen ist die zeitgerechte knöcherne Heilung der Fraktur unter Wiederherstellung der anatomischen Verhältnisse (Länge, Achse und Rotation) ohne Funktionsverlust in Hüft- und Kniegelenk. Die operative Stabilisierung schafft dabei die Möglichkeit einer frühfunktionellen Nachbehandlung mit Teilbelastung des betroffenen Beines und somit eine frühe Rehabilitation des Patienten (Siewert 2001, Rüter et al. 2008).

### **1.6.1 Konservative Frakturversorgung**

Ende des 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts zählten zunächst die konservativen und die so genannten „blutigen“ Methoden, also offene Repositionen von Frakturen der langen Röhrenknochen, zu den gängigen Verfahren. Bis zur Erfindung und Durchsetzung des Marknagels Mitte des 20. Jahrhunderts war die Extensionsbehandlung die Standardbehandlung für die Oberschenkelbrüche trotz häufiger Beinverkürzung mit folgender chronischer Überlastung der Wirbelsäule aufgrund eines resultierenden Beckenschiefstandes (Povacz 2007).

Heute ist die Therapie in der Regel operativ außer bei Vorliegen klarer Kontraindikationen für Anästhesie und Operation. Durch die Ruhigstellung besteht ein erhöhtes Risiko für eine lang dauernde Funktionseinschränkung angrenzender Gelenke mit möglicher Verkürzung, Malrotation, Achsenfehlstellungen der Fragmente sowie mit der Immobilisierung assoziierten Komplikationen, wie z. B. Dekubitus, Thrombembolie und Pneumonie insbesondere beim alten Menschen. Trotz einer langen Behandlungszeit von 12 bis 16 Wochen sind Refrakturen häufig (Haas und Krettek 2012, Rüter et al. 2008). Durch die lange Immobilisation kann es weiterhin zu vermehrter Osteoporose und Muskelatrophie kommen (Sarmiento und Latta 1981). Im Vergleich zu aktuellen Osteosyntheseverfahren ist die Mortalität und Morbidität erhöht (Fakhry et al. 1994). Lediglich bei Kindern zählt die konservative Therapie in Abhängigkeit des Alters zu den Behandlungsoptionen (Rüter et al. 2008, Rüedi et al. 2003). Dazu dient die mehrwöchige Extensionsbehandlung nach Steinmann und Böhler über ca. 8 bis 16 Wochen mit anschließender Ruhigstellung im Becken-Bein-Gipsverband/Brace oder Kunststoffverband.

### **1.6.2 Operative Frakturversorgung**

Schon gegen Ende des 19. Jahrhunderts standen eine Reihe operativer Verfahren, wie Drahtnaht, Drahtschlinge, Schrauben, Platten, intramedulläre Bolzen und Fixateur externe zur Verfügung. Die Osteosyntheseverfahren wurden allerdings nicht systematisch und allgemein angewandt, sondern sie beschränkten sich auf einige Chirurgen und geringe Fallzahlen, da Infektionen eine häufige Begleiterscheinung waren und die technische Versagerquote hoch blieb. Die Frage nach einer primär operativen Frakturversorgung wurde gegen Ende des 19. Jahrhunderts durch zwei wichtige Ereignisse unterstützt, zum einen die Einführung der gesetzlichen Unfallversicherungspflicht und zum anderen durch die Entdeckung der Röntgenstrahlen. Die Gründung der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese (AO) 1958 stellte eine entscheidende Förderung der operativen Verfahrensentwicklung dar (Povacz 2007).

Heute stehen drei gängige Verfahren zur Verfügung: die äußere operative Fixation mittels Fixateur externe (temporär), die intramedullären Kraftträger (ante- und retrograder Marknagel) und die innere Fixation mittels Schrauben- oder Plattenosteosynthese (konventionell oder winkelstabil). Die Wahl eines definitiven Verfahrens hängt neben der Art und Lokalisation der Fraktur von patientenbezogenen Begleitumständen ab. Dazu

gehören der Allgemeinzustand des Patienten und der Grad der Weichteilverletzungen. Ebenso ist eine weitere Traumatisierung des Patienten durch lange Operationszeiten und (zusätzlicher) Schädigung der Weichteile gegenüber dem erreichbaren OP-Ergebnis abzuwägen. Weiterhin können ein zu kleiner Markraum oder eine bereits vorhandene Endoprothese ein intramedulläres Verfahren erschweren oder gar verhindern. Wichtige Entscheidungskriterien über den Einsatz des optimalen Verfahrens sind ebenfalls der persönliche Erfahrungsschatz des Operators und die zur Verfügung stehende technische Ausstattung (Haas und Krettek 2012, Lögters et al. 2009). „Zahlreiche Studien haben den Vorteil der operativen Therapie hinsichtlich Morbidität, Mortalität und funktionellem Ergebnis herausgestellt. Einzig die Ablehnung der Operation durch den Patienten rechtfertigt aus unserer Sicht noch ein nichtoperatives Therapieverfahren. Auch über die Dringlichkeit des Eingriffs herrscht Klarheit. Die Femurschaftfraktur ist eine Notfallindikation und gehört unverzüglich operativ stabilisiert.“ (Haas und Krettek 2012, S.254).

#### **1.6.2.1 Fixateur externe**

Schon Hippokrates entwickelte einen Apparat zur Behandlung des Unterschenkelbruchs nach dem Prinzip des Fixateur externe welcher allerdings über die Haut angreift. Er besteht aus zwei gepolsterten Ringen aus Krokodilleder in die kleine Metallschüsseln eingearbeitet sind und zwischen denen vorgebogene Äste gespannt werden. Eine Weiterentwicklung zur Stabilisierung von Patella-Querfrakturen mittels Zuggurtungsprinzip mit direkter Verbindung zum Knochen erfolgte durch Joseph François Malgaigne (1806-1865). Er hatte bei insgesamt neun Fällen die Klammer („griffes metalliques“) angewendet wobei acht Fälle ohne Komplikationen oder Infektionen ausheilten (Abb. 7). Dank zahlreicher Weiterentwicklungen ist der Fixateur externe heute ein gängiges Instrument der Chirurgie (Povacz 2007). Alle Frakturtypen einschließlich gelenknaher oder Gelenkfrakturen können durch einen Fixateur externe stabilisiert werden. Er wird meist zur temporären Fixation von Femurschaftfrakturen bei instabilen Patienten, Polytrauma (besonders mit Kreislaufinstabilität, Thoraxtrauma, schweres SHT), schweren Weichteilschäden (besonders offene Frakturen II und III Grades), bei infizierten Verletzungen oder

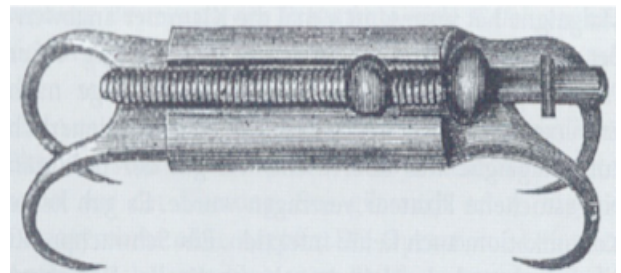


Abb. 7: Griffes metalliques von Malgaigne (Hamilton 1884)

knöchernen Defekten (Kallusdistraktion), bei Kettenfrakturen mit und ohne Gelenkbeteiligung oder bei Korrekturosteotomien angewendet (Haas und Krettek 2012, Lobenhoffer et al. 1997, Höntzsch 2010, Rüter et al. 2008, Rüedi 2003). Der Vorteil des Fixateurs liegt vor allem in der einfachen und schnell durchzuführenden Technik und ihrer häufigen Verfügbarkeit auch im kleineren Krankenhaus. Weiterhin erlaubt sie eine vollständige Mobilisierung des Patienten für die Belange der Intensivmedizin und ist ein weichteilschonendes Verfahren (Lögters et al. 2009, Rüedi 2003, Höntzsch 2010, Haas und Krettek 2012). Demgegenüber stehen das Risiko von Pininfektionen und eine erhöhte Rate an Fehlstellungen und Frakturheilungsstörungen. Angestrebt wird ein frühzeitiger Wechsel auf eine definitive Stabilisierung, um das Infektionsrisiko gering zu halten (Rüter et al. 2008, Haas und Krettek 2012). Geschlossene Frakturen werden selten mit dem Fixateur externe versorgt. Außer dem proximalen Femur und dem proximalen Humerus können alle langen Röhrenknochen mittels eines Fixateur externe versorgt werden (Rüedi 2003). Es gibt prinzipiell drei Behandlungskonzepte (Höntzsch 2010): Die definitive Behandlung bis zum Abschluss der Knochenbruchheilung mittels Fixateur externe; den frühen Verfahrenswechsel zur inneren Fixation, der so früh wie möglich durchgeführt werden sollte, da ein späterer Umstieg zu einer höheren Komplikationsrate (z.B. Infektion) führen kann und zum Dritten den Verfahrenswechsel zu einer nichtoperativen Behandlung (z. B. Gips, Orthese etc.).

#### **1.6.2.2 Marknagelung**

Die intramedulläre Osteosynthese nahm ihren Anfang als sogenannte Elfenbeinbolzung (später auch autologer Knochen) durch K.W. von Heine 1875 in Kiel und fand weite Verbreitung bis sie erst 1930 in dieser Form aufgrund vieler Misserfolge aufgegeben wurde. Der richtungsweisende Wandel kam 1932 mit der „gedeckten Osteosynthese“ der Schenkelhalsfrakturen durch Jerusalem und Sven-Johannson (Maatz et al. 1983, Povacz 2007). Neben den Weiterentwicklungen in der Antisepsis bildet die Entdeckung von korrosionsbeständigen Materialien und Metalllegierungen (z.B. Edelstahl) eine Grundlage für die Durchführbarkeit von beständigen Osteosyntheseverfahren (Küntscher 1962). Im November des Jahres 1939 führte Küntscher (1900-1972) die erste Marknagelung am Menschen durch und prägte den Begriff der „stabilen Osteosynthese“. Sie wurde ab den 40iger Jahren systematisch in die Klinik eingeführt (Povacz 2007, Böhler 1963, Haas und Krettek 2012). Aufgrund von Misserfolgen wurden wesentliche technische Änderungen

vorgenommen, die es ermöglichten, starre und dickere Marknägel zu verwenden. Dies machte eine vorherige Aufbohrung des Markraums notwendig. Das Prinzip bestand in der Verklebung des elastischen Nagels im starren Knochen. Durch die Aufbohrung wurde die Kontaktfläche zwischen Implantat und Knochen vergrößert und die Anwendung des Nagels konnte auf komplexere sowie proximale und distale Frakturen ausgedehnt werden (Küntscher 1962, Haas und Krettek 2012). In den folgenden Jahren blieb die Aufbohrung vor Insertion des Marknagels Standard wobei das Nageldesign verschiedene Veränderungen erfuhr. In den 50er Jahren wurde der Röntgenbildverstärker in Verbindung mit einer Fernsehanlage entwickelt, sodass Operationen nun unter Sicht erfolgen konnten (Povacz 2007). Die Arbeitsgruppen Klemm und Schellmann sowie Grosse und Kempf arbeiteten mit der von Küntscher in den 60er Jahren inaugurierten Verriegelungsnagelung und entwickelten sie weiter. Die Verriegelungsnagelung ist eine Fixierung der Fragmente mittels Querbolzen durch den Nagel und erweiterten den Indikationsbereich zu den Gelenken hin und eignen sich ebenfalls bei Trümmerfrakturen (Klemm und Schellmann 1972). Über die Verriegelung war es nun auch möglich unter Einsatz wesentlich dünnerer aber solider Nägel eine ausreichende Frakturstabilisierung mit vergleichbarer mechanischer Qualität zu erzielen und verlangte kein unbedingtes Aufbohren des Markraums. In den 90er Jahre entwickelte die Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese (AO) den unaufgebohrten Verriegelungsnagel, welcher anfänglich als Alternative zum Fixateur externe bei der Erstversorgung von Frakturen mit offenem oder hochgradigem geschlossenen Weichteilschaden gedacht war. Heute kommen beide Methoden mit und ohne Aufbohrung zum Einsatz obgleich sich in der Indikationsstellung und mengenmäßigen Anwendung weltweit unterschiedliche Auffassungen zeigen (Attal und Blauth 2010).

1958 hat die AO/ASIF (Association for Osteosynthesis/Association for the study of Internal Fixation) vier Grundprinzipien erarbeitet, die zu Leitlinien für die Osteosynthese im Allgemeinen und die Marknagelung im Besonderen wurden. Dazu gehören die Anatomische Reposition, die stabile Osteosynthese, der Erhalt der Blutversorgung und die frühe Mobilisierung des Patienten (Müller et al. 1992). Indikationen für die Anwendung des antegraden Femurnagel (AFN) sind Femurschaftfrakturen nach der AO 32-A bis C, subtrochantäre Frakturen sowie aufgeführte Frakturen in Kombination mit ipsilateralen Schenkelhalsfrakturen (AO 31-B). Zu den Indikationen des distalen (retrograd eingebrachten) Femurnagel (DFN) gehören suprakondyläre Femurfrakturen AO 33-A und

ebenfalls Frakturen nach der AO 32-A bis C bei Adipositas, beidseitige Femurfrakturen, Polytrauma mit Beckenfraktur und liegender Beckenzwinge, Thoraxtrauma und SHT. Durch die Verriegelungstechnik konnte die Indikation auf Frakturen im proximalen und distalen Drittel sowie Trümmerfrakturen erweitert werden. Grenzen für eine Marknagelung sind gegeben bei polytraumatisierten Patienten, Kettenfrakturen mit oder ohne Gelenkbeteiligung und bei Frakturen mit schwerem offen oder geschlossen Weichteilschaden. Bei diesen Verletzungen hat sich die Primärversorgung mit Fixateur externe bewährt (Höntzsch et al. 2000, Rüter et al. 2008, Haas und Krettek 2012, Grass et al. 2002, Synthes 2005). Die Heilung bei der Verriegelungsnagelung erfolgt über die sogenannte sekundäre Knochenheilung mit Kallusbildung. Die korrekte Festlegung der Länge des Femurs sowie die korrekte Achsstellung werden durch die intramedulläre Schienung ermöglicht (Schütz et al. 2000, Haas und Krettek 2012). Aus biomechanischer Sicht gilt die Marknagelung heute als das Verfahren der Wahl zur Stabilisierung von Schaftfrakturen. Hierbei werden die verschiedenen Krafteinflüsse auf die gesamte Femurlänge verteilt (Siewert 2001, Rüter et al. 2008). Der intramedulläre Kraftträger bringt jedoch durch das Aufbohren der Markhöhle und dem Einschlagen des Nagels systemische Belastungen mit sich. Schon Küntscher selbst machte 1962 über mögliche Gefahren der aufgebohrten Marknagelung und über pulmonale Komplikationen aufmerksam (Küntscher 1962). Experimentell und klinisch konnte gezeigt werden, dass es bei der Manipulation zu einer starken Druck- und Hitzeentwicklung in der Markhöhle kommt, verbunden mit einer erheblichen Mediatorenfreisetzung (z.B. Thromboxan) sowie einer Fett- und Partikeleinschwemmung in die Lungenstrombahn. Das dabei entstehende Knochenmehl, welches potente Osteoblasten enthält, verbleibt neben dem Hämatom im Frakturbereich. Dies kann beim Schwerverletzten zu einer pulmonalen Dekompensation führen. Weiterhin können Rotationsfehler auftreten, die jedoch durch intraoperative Rotationsmessung weitgehend vermeidbar sind (Siewert 2001, Rüter et al. 2008, Pfister 2010).

Der AFN (antegrader Femurnagel) ist entsprechend der Physiologie des Femurs vorgeformt und existiert daher für die rechte und linke Seite. Die Bestimmung des Nageldurchmessers erfolgt anhand einer Röntgenschablone. Am Femur sind zwei distale Verriegelungsschrauben sinnvoll da ein möglicher Schraubenbruch und Nagelspielprobleme zu Instabilität und Fehlstellungen führen können. Das Einbringen der Schrauben

erfolgt unter Röntgenkontrolle in zwei Ebenen (Abb. 8). Unaufgebohrte Femurschaftfrakturen, die mit einem gering dimensionierten Nagel stabilisiert werden, sollten im proximalen und distalen Hauptfragment verriegelt werden da keine Verklebung des Implantates erfolgt. Der Markraum wird hierbei nur geschient (Zimmer 2005, Synthes 2007, Krettek 2001, Pfister 2010, Attal und Blauth 2010, Krettek et al. 1998, Haas und Krettek 2012).

Im Falle einer retrograden Femurnagelung gelten ebenfalls die Prinzipien einer weichteilschonenden Chirurgie. Der Eintrittspunkt für die retrograde Marknagelung erfolgt bevorzugt infrapatellar durch das Ligamentum patellae bei gebeugtem Kniegelenk. Entscheidende anatomische „Landmarke“ ist die Blumen-saat-Linie, eine strahlendichte Linie, die das tangential und orthograd getroffene Dach des interkondylären

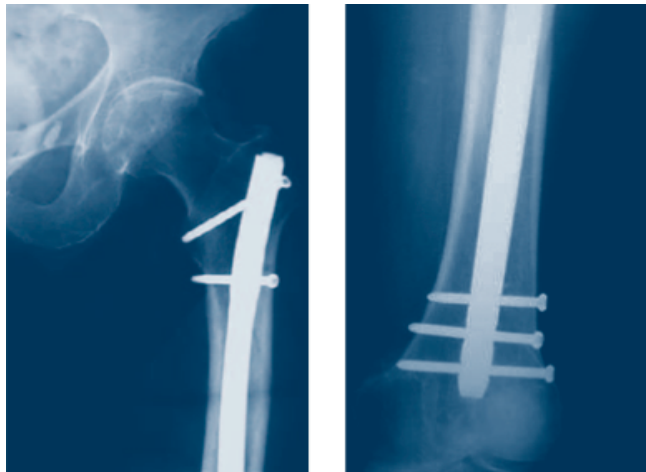


Abb. 8: Standardverriegelung (AFN) bei isolierter Femurschaftfraktur (Synthes 2007)

„notch“ repräsentiert. Dabei muss darauf geachtet werden, dass der Ursprung des hinteren Kreuzbandes nicht verletzt wird (Grass et al. 2002, Neubauer 2012, Synthes 2005). Die Spiralklingenverriegelung bietet im Gegensatz zur Standardverriegelung eine winkel-stabile Verriegelung mit signifikant vergrößerter Auflagefläche. Diese trägt zu einer optimierter Lastverteilung, hoher Haltekraft im osteoporotischen Knochen und vermindertem Risiko einer Nagelprotrusion in das Kniegelenk bei und ist im Falle einer ausgedehnten suprakondylärer Trümmerzone und bei pathologischen Frakturen durch ihre hohe Stabilität sinnvoll (Synthes 2006). Eine zweifache distale Verriegelung ist wegen des Zuges des M. gastrocnemius auf das distale Frakturfragment wichtig, da bei einfacher distale Verriegelung die notwendige Rotationsstabilität in der Sagittalebene nicht gewährleistet ist und somit die durch den M. gastrocnemius verursachte Rekurvationstendenz des distalen Frakturfragmentes nicht ausreichend neutralisiert werden würde (Grass et al. 2002, Krettek 2001). Eine sichere Rotations- und Längenstabilität wird durch die eingebrachten Verriegelungsbolzen erreicht. Diese Stabilität reduziert die Pseudarthrosenrate (Klemm und Schellmann 1972).

Komplikationen wie Nagelbruch, Lockerung der Verriegelungsschrauben, Nagel-impingement, Fehlstellungen, Kniegelenksensteifung, Infektionen, Auswandern von Schrauben, Auseinanderspaltung der Kondylen bei der Marknagelung und Fehlplatzierungen der Verriegelungsbolzen werden in seltenen Fällen beschrieben (Grass et al. 2002, Schandelmeier et al. 2000). In tierexperimentelle Studien an Hunden wurde eine Verminderung der Durchblutung an Kreuzbändern aufgezeigt (El Maraghy et al. 1998).

### **1.6.2.3 Plattenosteosynthese**

Entwicklungen auf dem Gebiet der Plattenosteosynthesen reichen bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts zurück. C. Hansmann (1852-1917) entwickelte eine der ersten beschriebenen Plattenosteosynthesen als Alternative zur damalig praktizierten Knochennaht. Trotz Skepsis der Fachwelt in der Mitte des 19. Jahrhunderts, wurde die Idee von Wenigen aufgegriffen und weiterentwickelt, wie beispielsweise von A. Lane (1856-1943), H. Groves (1872-1944) und dem belgischen Chirurgen A. Lambotte (1866-1955), die zahlreiche Experimente durchführten und die Akzeptanz der Osteosynthesen vergrößerten (Povacz 2007). Mittlerweile ist die Plattenosteosynthese am Tibia-, Femur- und am Humerusschaft weitgehend zugunsten intramedullärer Verfahren verlassen worden (Krettek 1998).

Bei diesem Verfahren sorgen spezielle Platten aus hochwertiger Titanlegierung oder aus Implantatstahl für die extramedulläre Schienung des Knochens. Das plattenähnliche Implantat und die Verriegelungsschrauben agieren zusammen als Fixateur interne (Abb. 9). Das Konzept der Winkelstabilisierung von Kortikalschrauben im Schaftbereich durch gewindetragende Einsätze ermöglicht eine Anpassung der Verriegelung an die Frakturbedingungen durch die individuelle Besetzung der Schaftlöcher mit winkelstabilen oder konventionellen Schrauben. Ferner resultiert aus der Gewindeführung ein optimaler Eindrehwinkel (Hrsg. Synthes 2012). Die Plattenosteosynthese wird im Wesentlichen genutzt, wenn die Weichteilsituation ein Débridement, eine Faszienpaltung oder eine aktive Blutungskontrolle erfordert. Weiterhin wenn eine metaphysäre, spiralförmige oder ausgedehnte quere Fraktur besteht oder Kontraindikationen für eine Marknagelung gegeben sind. Letztere wäre beispielsweise bei Vorhandensein anderer Implantate, vorangegangenen Operationen, bei zu weitem Markraum (z.B. bei Osteoporose), Infektionen oder erheblicher Beeinträchtigung der respiratorischen Funktion gegeben (z.B. bei Thoraxtrauma, SHT) (Rüter et al. 2008, Haas und Krettek 2012, Schumpelick 2006, Kanlic und Pachon 2001, Krettek 1998).



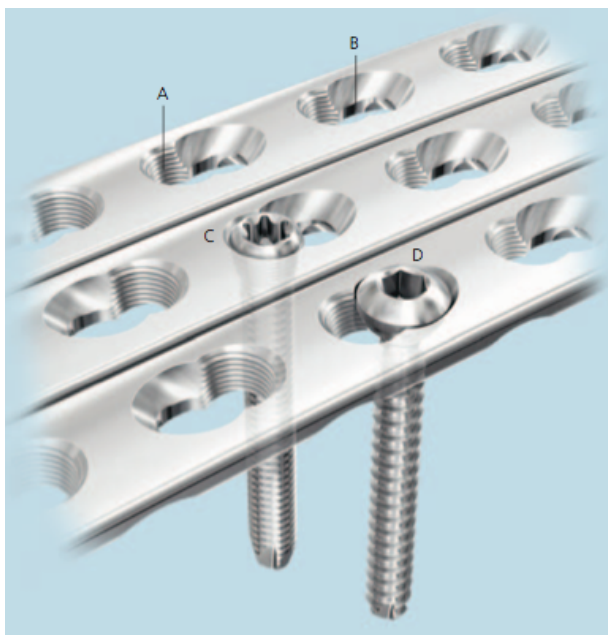


Abb. 9: LCD-Platten mit gewinde-tragendem Teil für Verriegelungs- (A) und DCU-Teil für Standardschrauben (B) (Synthes 2006)

Prinzipiell wird zwischen zwei Vorgehensweisen unterschieden: der konventionellen Technik im Sinne einer offenen Frakturversorgung und der minimalinvasiven Technik (MIPO) durch Einschieben des Implantates im Sinne einer Überbrückungsosteosynthese mit Schonung der Weichteile und der lokalen Vaskularität (Neubauer und Wagner 2009). Durch letztgenannte biologische Plattenosteosynthese wurden deutliche Vorteile hinsichtlich Heilung, Infektion und Refrakturnrate im Vergleich zur konventionellen Platte erreicht und finden zunehmend Verbreitung (Haas und Krettek

2012). Wesentlicher Nachteil der konventionellen Plattenosteosynthese ist die Devaskularisation der Fragmente aufgrund ihrer großflächigen Freilegung (Kanlic und Pachon 2001, Neubauer und Wagner 2009). Es besteht zudem das höhere Risiko einer Fehlstellung und eine deutlich geringere biomechanische Stabilität im Vergleich zu intramedullären Kraftträgern, so dass die Plattenosteosynthese am Oberschenkel insgesamt einen geringen Stellenwert hat und lediglich für spezielle Indikationen als zweite Wahl oder Alternativmethode eingesetzt wird (Lögters et al. 2009, Rüter et al. 2008).

## 1.7 Nachbehandlung

Postoperativ wird die Extremität bis zur Entfernung der Redon-Drainage auf einer Schaumstoffschiene mit 45° gebeugtem Hüft- und Kniegelenk gelagert. Ab dem ersten postoperativen Tag erfolgt nach Marknagelung eine schmerzadaptierte Bewegungstherapie unter Vollbelastung mit funktioneller Beübung der Hüfte und des Kniegelenkes. Nach Plattenosteosynthese und bei Patienten mit instabiler Fraktur findet eine Teilbelastung mit 20 kg für 6 Wochen mit nachfolgender Vollbelastung Anwendung. Die Steigerung ist abhängig von der Bruchform, der gewählten Osteosynthese und der kallösen Heilung, welche durch regelmäßige postoperative Röntgenkontrollen nach 2, 6 und 12 Wochen überprüft wird. Nach Abschluss der Knochenbruchheilung (ca. 18 Monate)

erfolgt bei jüngeren Patienten in der Regel eine Metallentfernung, da die Implantate die Biomechanik des Femurschaftes nachhaltig verändern. Bei älteren Patienten mit niedrigem Funktionsanspruch werden sie zumeist am Ort belassen (Siewert 2001, Rüter et al. 2008).

## **1.8 Komplikationen**

Diese können in direktem Zusammenhang mit der Verletzung stehen wie beispielsweise Blutungen, Weichteil- und Nervenschaden oder Fettembolien. Zu den intraoperativen Komplikationen zählen lagerungsbedingte nervale Schäden (N. pudendus, N. ischiadicus), Weichteil- und Knochenverletzungen beim operativen Zugang, Druck- und Distraktionschäden durch unsachgemäße Lagerung, Gefäßverletzungen, Fehlplatzierung von Verriegelungsbolzen, Kompartmentsyndrom, iatrogene Frakturen und ein ungenügend fixiertes Repositionsergebnis. Die häufigste Komplikation stellt die Rotationsabweichung dar, welche ab ca. 15° zu Beschwerden führen kann. Ab 20° besteht eine absolute Indikation zur Korrektur im Sinne einer Arthroseprävention der Nachbargelenke. Besonders bei der aufgebohrten Marknagelung kann es zu Fetteinschwemmung und pulmonaler Embolisationen kommen. Zu den peri- und postoperativen Komplikationen gehören ein sich entwickelndes Kompartmentsyndrom, frühe und späte Infektionen, tiefe Beinvenenthrombose, Lungenembolie, Implantatversagen, Achsfehlstellungen, späte Frakturheilungsstörungen wie Pseudarthrose, heterotope Ossifikation und präoperative nicht erkannt Schenkelhalsfrakturen (Haas und Krettek 2012, Rüter et al. 2008, Siewert 2001).

## **1.9 Prognose**

Die Heilungsraten sind sehr gut. 90% der Frakturversorgungen heilen innerhalb von 3 bis 4 Monaten ohne weitere Funktionseinbußen der angrenzenden Gelenke aus (Siewert 2001). Die klassische Plattenosteosynthese weisen gegenüber der Marknagelung eine erhöhte Komplikationsrate mit Infektionen, Implantatlockerung und verzögerter Frakturheilung auf (Rüter et al. 2008).

## 2. Aufgabenstellung

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es eine retrospektive Datenanalyse (operative Maßnahmen, Komplikationen, Fragebogen etc.) mit anonymisierten persönlichen Daten durchzuführen, die das Outcome nach operativer Versorgung mittels drei verschiedener etablierter Osteosyntheseverfahren von Femurschaftfrakturen mit der Indikation nach AO-Klassifikation AO 32 zwischen Januar 2003 bis Dezember 2010 am Universitätsklinikum Leipzig erfasst und vergleicht. Ausgeschlossen wurden pathologische und periprothetische Frakturen. Zu den Verfahren zählen die ante- und retrograde Marknagelung sowie die Plattenosteosynthese. Um eine bessere Vergleichbarkeit zu gewährleisten, sollte die Studie folgenden Punkten genügen:

- die Versorgung sollte an einer unfallchirurgischen Abteilung ausgefüllt werden, in der ein einheitliches klinisches Management der Patienten sowie etablierte konstante Standards vorherrschend sind (z.B. Diagnose, Therapie, Nachbetreuung)
- eine einheitliche Systematik der Nomenklatur, die besonders Begriffe einschließt, die nicht allgemeingültig definiert sind (z.B. Infektionen, Rotationsfehlstellung)

Im Rahmen einer Subgruppenanalyse soll unter Einbeziehung des EQ-5D Fragebogen zur Einschätzung der subjektiven Lebensqualität der Patienten festgestellt werden ob Unterschiede bezüglich der Komplikationsrate sowie Lebensqualität und Schmerzen bei den verwendeten operativen Verfahren vorhanden sind.

Als Hypothese wurden angenommen, dass die drei Osteosyntheseformen im Vergleich keine erhöhten Komplikationsraten gegeneinander aufweisen. Als Sekundärhypothese wird geprüft, ob der retrograde Femurnagel im Vergleich zum antegraden Femurnagel keine erhöhte Rate an Schmerzen bzw. keine erhöhte Schmerzintensität im Bereich des Eintrittspunktes aufzeigt und eine vermehrte Aktivitätseinschränkung der Patienten mit retrogradem Nagel ebenfalls nicht vorliegt.

### 3. Material und Methoden

#### 3.1 Patientenkollektiv

Die vorliegende Arbeit berichtet über 142 nach unten benannten Kriterien eingeschlossene Patienten, die aufgrund einer Femurschaftfraktur im Zeitraum von Anfang Januar 2003 bis Ende Dezember 2010 stationär im Universitätsklinikum Leipzig Department für Operative Medizin Klinik für Orthopädie, Unfallchirurgie und Plastische Chirurgie operiert wurden. Die Daten wurden retrospektiv erhoben. Dazu wurden Krankenakten und Operationsberichte aus dem hausintern genutzten SAP (ein elektronisches Patientendatensystem mit verschiedenen Modulen der Business Information Warehouse Version R/3, SAP GbR, Walldorf, Deutschland) sowie Röntgenbilder aus dem SIENET Magic Web/ACOM.Web (Siemens Softwareversion VA42 von 2003) gesichtet. Durch Auswertung der Arztbriefe und Operationsberichte konnte die jeweilige Therapie und der Verlauf ermittelt werden. Sofern sich die Patienten zur weiteren postoperativen Nachbehandlung in der Leipziger unfallchirurgischen Hochschulambulanz vorstellten, wurden die entsprechenden Ambulanzkarteneinträge und die ggf. erhobenen Fragebögen zur Selbsteinschätzung der subjektiven Lebensqualität ausgewertet.

Es werden für jeden am Leipziger Universitätsklinikum behandelten Patienten Diagnosen nach ICD-10 (International Classification of Diseases) erstellt und aufbewahrt. Diese dienten als Grundlage zur Erfassung des Patientenkollektivs. Über eine Filterfunktion im SAP wurden für den genannten Zeitraum mit der für Femurschaftfrakturen entsprechenden Verschlüsselung nach ICD-10 herausgesucht. Die Einteilung der Schweregrade der einzelnen Frakturen erfolgte nach der Klassifikation der Extremitätenfrakturen der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese (AO). Bei allen in die Studie aufgenommenen Patienten lag eine Femurschaftfraktur mit der AO-Klassifikation AO 32 vor (Abb. 10). Ein in die Studie eingeschlossener Patient verstarb. Pertrochantäre, proximale und distale Femurfrakturen sowie pathologische und periprothetische Frakturen wurden von der Fallgruppe ausgeschlossen. Es wurde zusätzlich aufgeführt, ob es sich um eine offene Fraktur handelte und deren Schweregrad

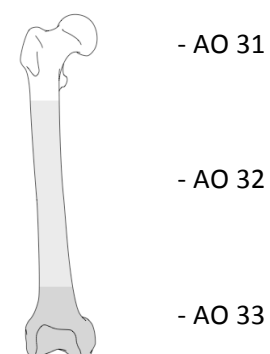


Abb.10 : Indikationsbereich am Femur (Synthes 2005)

benannt. Kindlichen Frakturen wurden ausgespart.

Folgende Parameter wurden erfasst:

- Alter und Geschlecht des Patienten
- Diagnose nach AO-Klassifikation
- Grad bei offenen Frakturen (Klassifikation nach Tscherny und Oestern)
- Stationäre Verweildauer in Tagen
- Unfallursache (Verkehrsunfall, Sturz, andere)
- Bestehende Vorerkrankungen
- Polytrauma (ja/nein)
- Fixateur externe (ja/nein)
- Osteosyntheseart mit Implantatbezeichnung und Maße
  - o bei Marknagelung: aufgebohrt/ nicht aufgebohrt, antegrad/retrograd, Anzahl der Verriegelungsbolzen proximal und distal
  - o bei Plattenosteosynthese: Plattenart, Schraubenanzahl, mono/bikortikal
- Reposition (offen/geschlossen)
- Operateur, Operationsuhrzeit, Operationsdauer
- Komplikationen (Infektion, Pseudarthrose, Implantatbruch, Rotationsfehler, Nervenläsion im Frakturgebiet, sekundäre Dislokation)
- Reoperationen
- Röntgenkontrolle (ja/nein)
- Materialentfernung (ja/nein/Datum)

### **3.2 Implantate**

Insgesamt wurden antegrade Nägel, retrograde Nägel und Plattenosteosynthesen verwendet. Ein Fall erhielt nach primärer Stabilisierung mit Fixateur externe keinen Verfahrenswechsel, da er unmittelbar an weiteren Folgen des Polytraumas (malignes Hirnödem) verstarb.

#### **3.2.1 Fixateur externe**

Bei 76 von 159 angegebenen Fällen wurde eine primär temporäre Stabilisierung in Form eines unilateralen AO Fixateur externe angebracht.

### 3.2.2 Antegrader Femurnagel

Als Standardfemurnagel fand in der vorliegenden Arbeit der Sirusnagel (n=118) der Fa. Zimmer (Sirus® Nagelsystem) Verwendung (Abb 11). Die Nageldurchmesser in dieser Studie lagen bei 9 bis 12 mm und die Nagellänge bei 240 bis 480 mm. Die Nägel wurden in überwiegenden Fällen (n=111) in aufgebohrter Technik implantiert sowie proximal und distal mit ein bis vier Verriegelungsbolzen stabilisiert. In 7 Fällen wurde unaufgebohrt implantiert. Als Eintrittspunkte der Nägel wurde seit 2010 die Trochanter Spitze gewählt, davor die Fossa piriformis.



### 3.2.3 Retrograder Femurnagel

Die distalen Femurnagel DFN (n=28) wurde in der vorliegenden Arbeit überwiegend von der Firma Synthes (n=23) verwendet und weiterhin der DFN der Fa. Zimmer (n=5). Die Nageldurchmesser lagen zwischen 10 bis 12 mm und die Nagellänge zwischen 300 bis 380 mm. Der DFN ist in einer langen und kurzen Ausführung verfügbar. Die langen Nägel verfügen über die Möglichkeit der dynamischen und statischen proximalen Verriegelung. Die kurzen Nägel können nur statisch verriegelt werden. Beide Nageltypen sind distal sowohl mittels Schrauben, als auch mittels Spiralklinge verriegelbar (Hrsg. Synthes 2006). In der vorliegenden Arbeit wurden in allen Fällen proximal und distal ein bis drei Verriegelungsbolzen in das Implantat eingebracht.

Abb. 11:  
AFN (Zimmer 2005)

### 3.2.4 Plattenosteosynthese

In lediglich 12 Fällen wurde eine Plattenosteosynthese verwendet. Es wurden 4 LISS Platten (Less Invasive Stabilisation System), 2 NCB (Non contact bridging) Platten (Firma Zimmer) sowie 4 LC-DC Platten (limited contact - dynamic compression, GFI Titan) sowie zwei nicht näher beschriebene Platten eingesetzt. Die Verriegelung erfolgte mit mono- und bikortikalen Schrauben. Weiterhin wurden winkelstabile Platten genutzt.

### 3.3 Auswertung der Röntgenbilder

Für die Datenerfassung wurden Röntgenbilder der betreffenden Patienten aus dem Magic Web gesichtet. Die Klassifikation der Femurschaftfrakturen erfolgte durch den Untersucher anhand erstellter Röntgenaufnahmen im anterior - posterioren und im lateralen Strahlengang und nach der Interpretation des Operators. Die Auswertung erfolgte hinsichtlich der radiologischen Frakturzeichen und auf der Basis der AO-Klassifikationskriterien. Es wurden folgende Parameter erfasst:

- der Nageldurchmesser des Implantats
- die Schaftbreite
- Markraumbreite
- das Verhältnis Markraumbreite zu Nageldurchmesser
- der Abstand Markraum zu Nagel am Isthmus des Femur
- Abstand Trochanter Spitze bzw. Femurkondylen zur Fraktur und Isthmus
- Konsolidierungszeit (soweit Röntgen-aufnahmen vorhanden)
- bei AO 32 A-Typ wurde zusätzlich der Frakturspalt ausgemessen

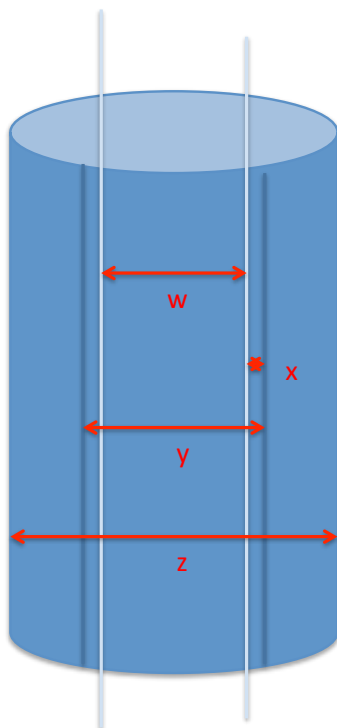


Abb. 12:

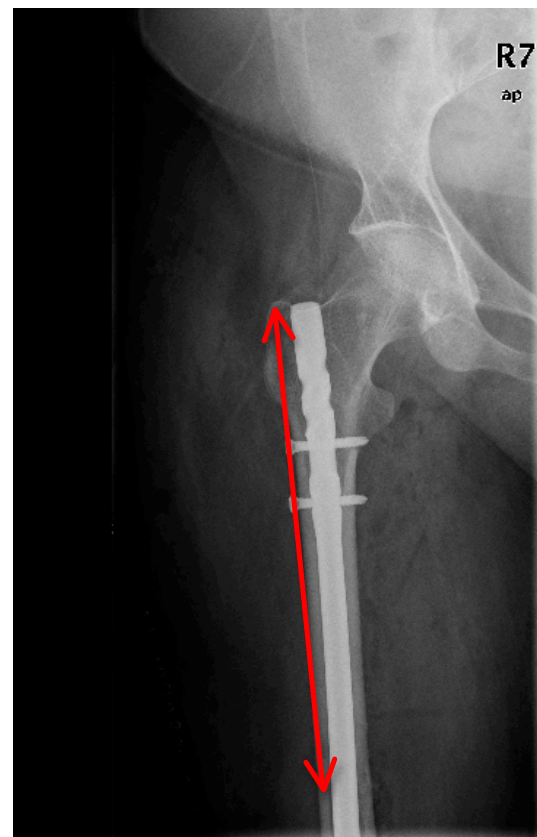
Stilisierte Darstellung der Messungen am Röntgenbild Femur:

w	Nageldurchmesser
x	Abstand Markraum zu Nagel am Isthmus
y	Markraumbreite
z	Schaftbreite

Abb. 13: exemplarische Femurschaftfraktur im Röntgenbild nach AO 32 A1



Abb. 14: Z.n. Intervention AFN, mit Abmessung Abstand Trochanter-spitze zu Fraktur



Die Schaft- und Markraumbreite wurde zusammen mit dem Nageldurchmesser im a.p. Strahlengang auf Höhe des Femuristhmus (ca. 12 cm distal des Trochanter minor) ausgemessen. Der Vergrößerungsfaktor der Röntgenbilder wurde anhand des bekannten Nageldurchmesser nach folgender Umrechnungsformel bestimmt:

$$\frac{\text{Nageldurchmesser des verwendeten Implantats}}{\text{Nageldurchmesser gemessen im Röntgenbild}} = \text{Vergrößerungsfaktor}$$

Um die realen Werte zu erheben, wurden sie im Verhältnis anhand des im Operationsbericht angegebenen Nageldurchmessers und des errechneten Faktors korrigiert (multipliziert). Der einseitige, mittlere Abstand zwischen Markraum und Marknagel wurde wie folgt errechnet:

$$\frac{(\text{Markraumbreite Röntgenbild} - \text{Nageldurchmesser Röntgenbild}) \times \text{Vergrößerungsfaktor}}{2}$$



Diese Werte sollen hinsichtlich der Pseudarthrosenrate und Osteosyntheseversagen untersucht werden.

### **3.4 Operateure**

Die 21 operierenden Ärzte waren Fach- und Oberärzte sowie der Chefarzt des Universitätsklinikum Leipzig Department für Operative Medizin Klinik für Orthopädie, Unfallchirurgie und Plastische Chirurgie. Die jeweiligen Chirurgen operierten jeweils in einem (n=30) bis 6 Fällen (n=1). Die Wahl der Implantate unterlag der Interpretation des behandelnden Arztes bezüglich einer individuellen Entsprechung für die Belange des Patienten und dessen Frakturart. In 15 Fällen konnte der operierende Arzt nicht eruiert werden. Als weitere Parameter und Kofaktoren wurden die OP-Uhrzeit und OP-Dauer aufgeführt, um eventuell Rückschlüsse auf Komplikationen ziehen zu können.

### **3.5 Komplikationen**

Anhand der Patientenakten wurde hier der postoperative Verlauf im Hinblick auf die Länge des stationären Aufenthaltes und die oben aufgeführten Komplikationen ausgewertet.

### **3.6 Daten zur Einschätzung der subjektiven Lebensqualität**

Patienten, die sich bis Ende 2012 zur weiteren Nachbehandlung in der unfallchirurgischen Hochschulambulanz vorstellten und mittels Fragebogen Angaben zum aktuellen Gesundheitszustand und Lebensqualität machten, wurden gesondert ausgewertet. Verwendet wurde der EQ-5D Gesundheitsfragebogen, der die Lebensqualität eines Patienten in einer eindimensionalen Maßzahl (Quersumme der einzelnen Dimensionen) von 5 (sehr gut) bis 15 (extrem niedrig) ausdrückt. Die Bedeutung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität leitet sich aus der WHO-Definition von Gesundheit ab „als ein Zustand des vollkommenen körperlichen, geistigen und sozialen Wohlbefindens und nicht nur die Abwesenheit von Krankheit und Gebrechen“ (WHO, ICD-10, Amelung et al 2016). Der Fragebogen wurde 1987 von der EuroQol Group, einer internationalen interdisziplinären Gruppe bestehend aus Medizinern, Psychologen, Philosophen, Ökonomen, Pflegern und Soziologen mit Sitz in Rotterdam, als Selbstberichtsinstrument des Patienten entwickelt. Der EQ-5D kann in wenigen Minuten vom Befragten selbst ausgefüllt werden und wird weltweit häufig eingesetzt als Fragebogen zur Messung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität. Anhand dieser Informationen kann ein Index zur Bewertung der Quality Adjusted Life Years (QALY)

ermittelt werden. Weiterhin dient er als alleinstehender landesabhängiger Index mit einem Wert zwischen 0 (Tod) und 1 (bestmöglicher Gesundheitszustand) der bei gesundheitsökonomischen Evaluationen zur Charakterisierung und Ergänzung von Morbiditäts- und Mortalitätsdaten (Szende et al 2014, van Reenen et al 2015, Amelung et al 2016). Er bietet ein einfach verständliches Profil eines Fragebogens mit einer integrierten Numerischen Rating Skala (NRS) für eine Beschreibung des Gesundheitszustandes des Patienten. Die NRS besteht aus zwei Endpunkten: best- (0) und schlimmstvorstellbarer (10) Gesundheitszustand, zwischen denen der Patient sein derzeitiges Befinden angibt. Diese Information kann als quantitatives Maß genutzt werden.

Der Fragebogen umfasst die fünf Dimensionen:

- Mobilität, Beweglichkeit (mobility)
- die Fähigkeit, für sich selbst zu sorgen (self-care)
- alltägliche Tätigkeiten (z.B. Arbeit, Haushaltsführung, Familie, Freizeit)  
(usual activities)
- Schmerzen und körperliche Beschwerden (pain/discomfort)
- Angst und Niedergeschlagenheit (anxiety/depression)

Jede Dimension hat drei Level: keine Probleme (1), einige Probleme (2) und extreme Probleme (3). Der Befragte ist aufgefordert ein Kreuz in ein Kästchen zu setzen, welches dem derzeitigen Gesundheitszustand zur jeweiligen Dimension entspricht. Daraus resultiert eine einstellige numerische Darstellung seines Empfindens. Die Darstellung kann für alle fünf Dimensionen als fünfstellige Zahl zusammengefasst beschrieben werden. Fehlende Werte werden mit der Nummer 9 kodiert. Folglich würde der Code 11111 auf völlige Gesundheit schließen lassen. Beispielhaft würde sich aus dem Code 11223 folgende Interpretation ergeben: der Befragte gibt keine Probleme bei Mobilität und Selbstversorgung an, hat jedoch einige Probleme bei der Verrichtung von alltäglichen Tätigkeiten mit moderaten Schmerzen und leidet unter erheblicher Angst und Depression. (Szende et al. 2007, Rabin et al. 2011). Der ausgehändigte Fragebogen beinhaltet den Standardfragebogen des EQ-5D. Untersucht wurden weiterhin die Schmerzintensität mittels einer abgewandelten NRS von 0 (keine) bis 10 (unerträglich stark) sowie die ggf. vorhandene Schmerzlokalisation (Hüfte, Oberschenkel, Knie), postoperative Komplikationen und ggf.

Folgeoperationen mit Anzahl und ob eine Metallentfernung erfolgte.

Dieser Fragebogen wurde von den Patienten, die sich postoperativ in unserer Hochschulambulanz vorstellten abgefragt und retrospektiv nach Aktenlage ausgewertet. Weiterhin konnte mehrfach die Schmerzlokalisation sowie -grad und weitere subjektive Beschwerden herausgearbeitet werden. Von 52 Patienten mit 58 Frakturen (6 Patienten wurden beidseits operiert) wurden Daten erhoben.

## Fragebogen

Bitte kreuzen Sie an, welche Aussage Ihren heutigen Gesundheitszustand am besten beschreibt indem Sie ein Kreuz in das jeweilige Kästchen machen.

### Beweglichkeit/Mobilität

- Ich habe keine Probleme herumzugehen. ☐
- Ich habe einige Probleme herumzugehen. ☐
- Ich bin ans Bett gebunden. ☐

### Für sich selbst sorgen

- Ich habe keine Probleme, für mich selbst zu sorgen. ☐
- Ich habe einige Probleme, mich selbst zu waschen oder mich anzuziehen. ☐
- Ich bin nicht in der Lage, mich selbst zu waschen oder anzuziehen. ☐

### Allgemeine Tätigkeiten

(z.B. Arbeit, Studium, Haushalt, Familien- oder Freizeitaktivitäten)

- Ich habe keine Probleme, meinen alltäglichen Tätigkeiten nachzugehen. ☐
- Ich habe einige Probleme, meinen alltäglichen Tätigkeiten nachzugehen. ☐
- Ich bin nicht in der Lage meinen alltäglichen Tätigkeiten nachzugehen. ☐

### Schmerzen/Körperliche Beschwerden

- Ich habe keine Schmerzen oder Beschwerden. ☐
- Ich habe mäßige Schmerzen oder Beschwerden. ☐
- Ich habe extreme Schmerzen oder Beschwerden. ☐

### Angst/Niedergeschlagenheit

- Ich bin nicht ängstlich oder deprimiert. ☐
- Ich bin mäßig ängstlich oder deprimiert. ☐
- Ich bin extrem ängstlich oder deprimiert. ☐

Wie starke Schmerzen haben Sie? \_\_\_\_\_

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

keine mittelstark unerträglich stark

Wo haben Sie Schmerzen? ☐ Hüfte ☐ Oberschenkel ☐ Knie

Hatten Sie nach der Operation **Komplikationen**? ☐ Ja ☐ Nein

(z.B. Wundheilungsstörung, Pseudarthrose u.s.w.)

Wenn ja **welche**? .....

Wurden Sie daraufhin **nochmals operiert**? ☐ Ja ☐ Nein Wie oft? .....

Wurde Ihr Nagel/Platte schon **entfernt**? ☐ Ja ☐ Nein

### **3.7 Datenbearbeitung**

Als Textverarbeitungsprogramm wurde Microsoft Word für Mac 2011 Version 14.0.0 und zur Datenerhebung und Auswertung Microsoft Excel für Mac 2011 Version 14.0.0 und PASW Statistics 18 verwendet. Zur Literaturrecherche wurden verwendet:

- Hauptkatalog der Universitätsbibliothek Leipzig (UBL-WebOPAC) - Leipziger Katalog der Deutschen Nationalbibliothek - Digitale Bibliothek der Universitätsbibliothek Regensburg
- Datenbank der U.S. National Library of Medicine und des National Institutes of Health (PubMed)
- E-books (SpringerLink, Thieme electronic Library, Elsevier eBooks) über UBL
- Datenbank der U.S. National Library of Medicine (MEDLINE) - Cochrane Library - Scopus - WorldCat

Über die digitalen Datenbanken hinaus wurde die Internationale Bibliographie der Zeitschriften (IBZ) der Deutschen Nationalbibliothek (DNB) in Leipzig genutzt.

### **3.8 Ethikvotum**

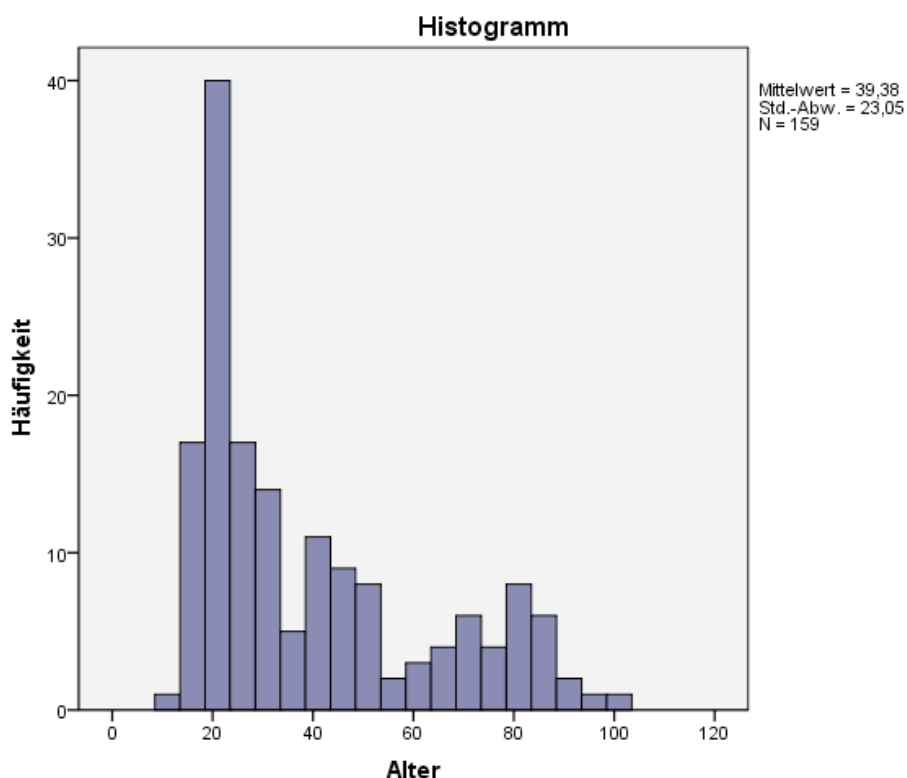
Diese Studie wurde der Ethikkommission des Universitätsklinikum Leipzig im Frühjahr 2016 vorgelegt und genehmigt mit dem Aktenzeichen der Ethikkommission: Az. 142-16-25042016.

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Patientenkollektiv

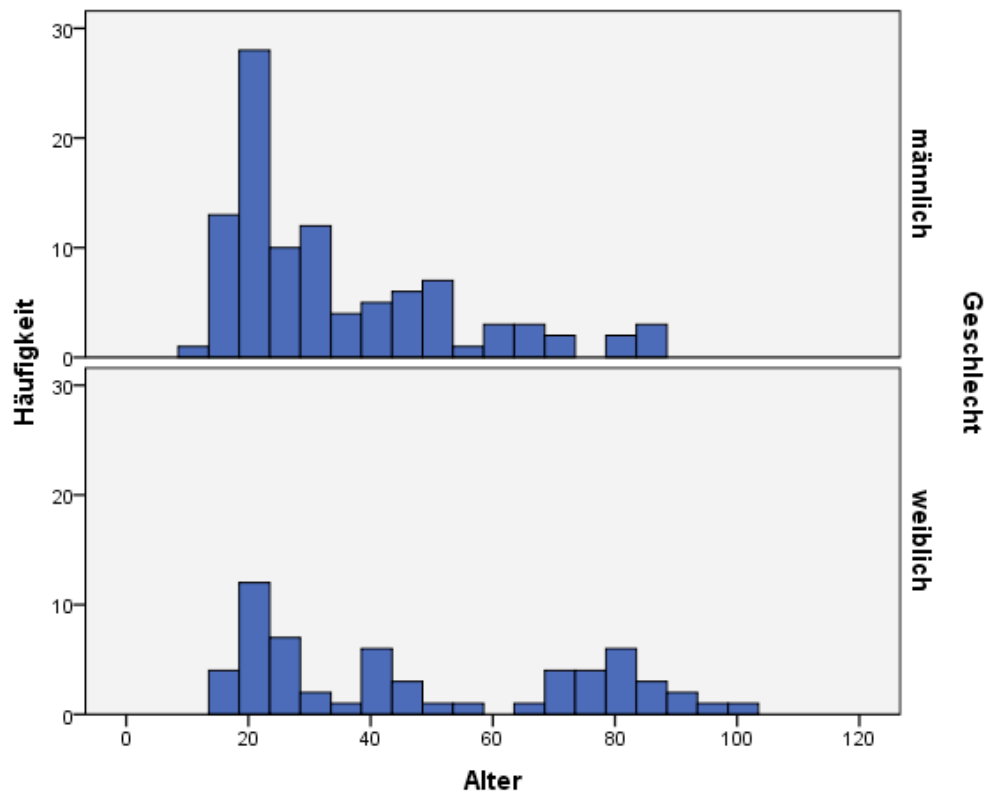
Im Zeitraum von Anfang Januar 2003 bis Ende Dezember 2010 wurden 142 Patienten aufgrund einer Femurschaftfraktur operiert. 17 Patienten (12%) wurden beidseitig operiert. Daraus ergibt sich die Fallzahl 159 bei 142 Patienten. Unter ihnen befanden sich 91 Männer (64%) und 51 Frauen (36%). Die Patienten waren zum Operationsdatum zwischen 16 und 99 Jahren alt. Der Mittelwert des Alters beider Geschlechter zusammen lag zum Operationszeitpunkt bei 39,4 Jahren. Das Durchschnittsalter der Männer betrug 34 Jahre (16-88) und der Frauen 48 Jahre (16-99). Der Median der Männer lag bei 27 und der Frauen bei 42 Jahren. Ein absoluter Häufigkeitsgipfel beider Geschlechter befindet sich im 20. Lebensjahr (Abb. 15)

Abb. 15: Absolute Häufigkeitsverteilung des Alters



87% der Männer waren zum Operationszeitpunkt jünger als 60 Jahre. Die Frauen waren in allen Altersgruppen vertreten. Es sind bei den Frauen drei annähernd gleichwertige Häufigkeitsgipfel zu beobachten, einen ebenfalls um das 20., einem um das 40. und einen Weiteren um das 80. Lebensjahr (Abb. 16).

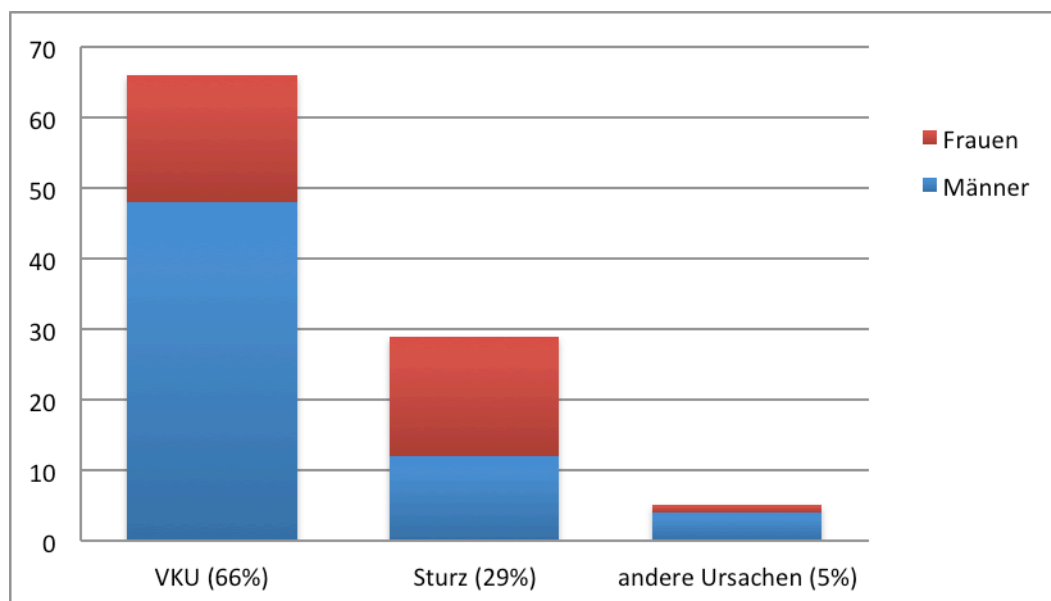
Abb. 16: Absolute Häufigkeitsverteilung für Alter und Geschlecht



#### 4.2 Frakturursachen

Die Hauptursachen für Femurschaftfrakturen sind Verkehrsunfälle und Stürze. 93 Patienten (66%) erlitten eine Femurschaftfraktur als Autoinsasse oder Motorradfahrer bei einem Verkehrsunfall mit zwei Häufigkeitsgipfeln um das 20. und 40. Lebensjahr. Nur 6 Patienten waren hierbei über 60 Jahre alt. 68 Personen (73%) waren Männer. Bei den 17 Patienten (9 Männer und 8 Frauen), die beidseits Frakturen erlitten, lag der Häufigkeitsgipfel um das 20. Lebensjahr. Diese Frakturen wurden hauptsächlich durch Verkehrsunfälle (76%) verursacht. Als weitere Ursache kamen 41 Stürze (29%) vor mit Zunahme nach dem 60. Lebensjahr, wobei der Anteil der Frauen mit 24 Fällen (59%) überwog. Bei den Frauen kamen Stürze wie Verkehrsunfälle nahezu gleich häufig vor (Abb. 17). Die Stürze ereigneten sich 29 Mal (71%) im häuslichen Umfeld als Bagateltrauma und 12 Mal (29%) als Sturz aus der Höhe. In sechs Fällen kam es zur Fraktur durch Fall aus großer Höhe im Rahmen eines Suizidversuches und bei weiteren sechs Fällen blieb die Ursache des Sturzes unklar. In acht Fällen (5%) lagen andere Frakturursachen (Einquetschtraumen z.B. in einer Heupresse und Anpralltraumen) vor.

Abb. 17: Relative Häufigkeit der Frakturursachen



In 101 Fällen (64%) waren die Patienten polytraumatisiert. Bei 14% (n=23) der Frakturen bestanden offenen Frakturen (Tab. 3), wobei der überwiegende Anteil (73%) als erstgradig offene Frakturen diagnostiziert wurden. Jeweils 14% trugen die Schweregrade zwei und drei. Davon stellten sich fünf Fälle als B2-Frakturen und weitere fünf Fälle als C3-Frakturen dar. In den anderen Frakturuntergruppen waren die offenen Frakturen in ein bis zwei Fällen vertreten. Verkehrsunfälle bildeten hierbei die führende Ursache. Im Gegensatz dazu stehen die Stürze mit nur 5% der offenen Frakturen im Zusammenhang. 83% der offenen Frakturen traten im Rahmen eines Polytraumas auf (Tab. 4).

Tab. 3: Anzahl der offenen Fraktur im Zusammenhang mit der Frakturursache

		Ursache			Gesamt
		VKU	Sturz	andere	
Offene Fraktur	Nein	87 (55%)	42 (27%)	7 (4%)	136 (86%)
	Ja	19 (12%)	2 (1%)	2 (1%)	23 (14%)
Gesamt		106 (67%)	44 (28%)	9 (5%)	159 (100%)



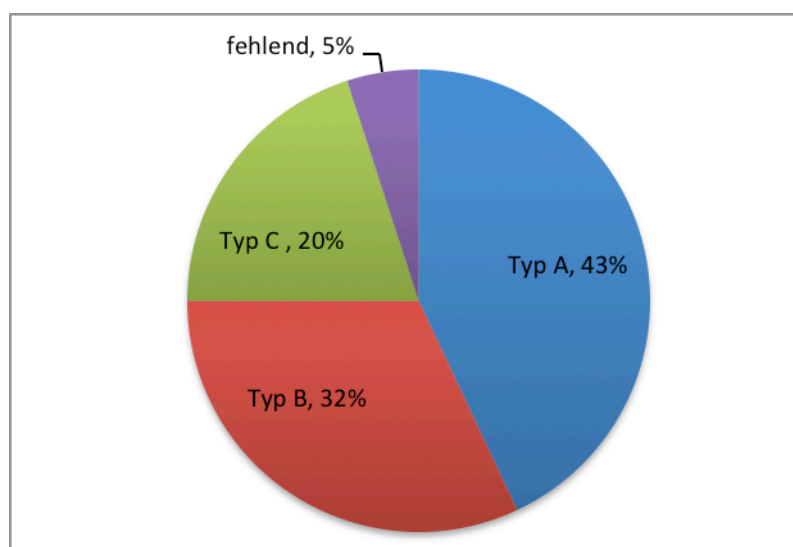
Tab. 4: Darstellung der Anzahl von offenen Frakturen im Zusammenhang mit Polytrauma

		Polytrauma		Gesamt
		Nein	Ja	
<b>Offene Fraktur</b>	Nein	54 (34%)	82 (52%)	136 (86%)
	Ja	4 (2%)	19 (12%)	23 (14%)
<b>Gesamt</b>		58 (36%)	101 (64%)	159 (100%)

### 4.3 Frakturklassifikationen

An dem Universitäts-Klinikum Leipzig werden von jedem behandelten Patienten Diagnosen nach der ICD-10 erstellt. Von den aufgeführten Fällen wurden 43% als Typ A (n=69), 32% als Typ B (n=51) und 20% (n=32) als Typ C der Frakturformen diagnostiziert (bei 5% fehlende Angaben). Am häufigsten traten Frakturen der Untergruppen AO32 A3 und AO32 B2 auf (Abb. 18). Untersucht man die verschiedenen Frakturuntergruppen bezüglich der Frakturursachen, so fällt auf, dass Verkehrsunfälle bei allen Frakturformen vertreten sind und Stürze gehäuft zu einfachen Frakturen (Typ A1, 2, 3 sowie Typ B1) führten. Die komplexen Frakturformen traten überwiegend in Zusammenhang mit einem Polytrauma auf.

Abb. 18: relative Häufigkeiten der Frakturuntergruppen AO 32 (n=159)



#### 4.4 Frakturversorgung

Es wurden drei verschiedene Osteosyntheseverfahren eingesetzt. Der weitaus größte Anteil der Patienten mit 92% wurde durch eine intramedulläre Osteosynthese versorgt, wobei der antegrade Marknagel mit 118 Fällen (74%) vorherrschte. Ferner wurden in 28 Fällen (18%) der retrograde Marknagel und in 12 Fällen (8%) eine Plattenosteosynthese verwendet (Tab. 5). Die Marknägel wurden hinsichtlich des Patientenalters, des Geschlechtes und der Frakturart annähernd gleichverteilt genutzt. Bei der Anwendung der Plattenosteosynthese ist zu bemerken, dass das Durchschnittsalter ca. 13 Jahre über dem der Patienten mit intramedullärer Versorgung lag.

Tab. 5: Verhältnis Implantat zu Patientengut und Trauma-/Frakturtyp

	Patientenalter-Durchschnitt	Geschlecht M/F	Poly-trauma	Frakturtyp			
				Typ A	Typ B	Typ C	Gesamt
<b>AFN</b>	38 Jahre (16 – 99 J.)	80 (68%)/ 38 (32%)	75 (64%)	52 (46%)	34 (30%)	27 (24%)	116 (74%)
<b>DFN</b>	41 Jahre (17 – 88 J.)	13 (46%)/ 15 (54%)	19 (68%)	13 (46%)	12 (43%)	3 (11%)	28 (18%)
<b>Platte</b>	53 Jahre (16- 97 J.)	6 (50%)/ 6 (50%)	6 (50%)	4 (36%)	5 (46%)	2 (18%)	11 (8%)

In 78 Fällen (49%) wurde primär mit einem Fixateur externe stabilisiert (Tab. 6). In einem Fall nach Fixateuranlage erfolgte kein Verfahrenswechsel, da der polytraumatisierte Patient nach initialer Versorgung zeitnah verstarb.

Tab. 6: absolute und relative Häufigkeiten der angewandten Osteosyntheseverfahren (n=159) und Dauer bis zur definitiven Osteosyntheseversorgung

Implantat	Anteil	Fixateur externe	Dauer bis zur def. Versorgung (in Tagen)
Antegrader Marknagel	118	55 (47%)	3,3
Retrograder Marknagel	28	15 (54%)	4,4
Plattenosteosynthese	12	7 (58%)	5,3
Fixateur externe	1	1 (100%)	0
Gesamt	159	78	3,62

Der Großteil der Patienten wurde innerhalb von 48h primär definitiv mittels interner Osteosynthese versorgt. Darunter befanden sich 30% Polytraumapatienten (Tab. 7).

Tab. 7: Dauer bis zur definitiven Osteosyntheseversorgung mit und ohne primäre Versorgung mit Fixateur externe

<b>Dauer bis zur definitiven Osteosyntheseversorgung nach Aufnahme</b>	<b>Gesamt</b>	<b>Ohne Primärversorgung mit Fixateur externe</b>	<b>Mit Primärversorgung mit Fixateur externe</b>
< 48 Stunden	91 (57%)	75 (82%)	16 (18%)
3.-5. Tag	24 (15%)	2 (8%)	22 (92%)
6.-14. Tag	37 (23%)	0 (0%)	37 (100%)
> 14 Tage	7 (4%)	0 (0%)	7 (100%)
Gesamt	159	83 (52%)	76 (48%)

Bei den beiden Fälle mit späterer definitiven Versorgung ohne primäre Fixateur externe Anlage handelte es sich um eine 73jährige Patientin und eine 85jährige demente bettlägrige Patientin nach Sturz. Beide befanden sich bei der Untersuchung in einem reduzierten Allgemeinzustand und letztgenannte Patientin imponierte mit Kontrakturen an allen vier Extremitäten. Beide konnten erst nach notwendiger internistischer Konditionierung operativ versorgt werden.

Tab. 8: Repositionsart (15 Fälle fehlend)

<b>Implantat</b>	<b>Reposition</b>		<b>Gesamt</b>
	offen	geschlossen	
Antegrader Nagel	23	82	105
Retrograder Nagel	12	15	27
Plattenosteosynthese	7	4	11
Fixateure externe	1	0	1
Gesamt	43	101	144

Von n=144 dokumentierten Fällen wurden 101 Fälle (70%) geschlossen und 43 Fälle (30%) offen reponiert (Tab. 8). Bei der Osteosynthese mittels DFN ist auffällig, dass nahezu die Hälfte der Frakturen offen reponiert und 3 Fälle (11% der DFN) zusätzlich mit einer Cerclage versorgt wurden.

Die antegrade Verriegelungsnagelung war in 74% der Fälle bei offenen Frakturen und die retrograde Marknagelung bei 22% der Fälle mit offenen Frakturen das gewählte Verfahren. Die osteosynthetische Versorgung mittels einer Plattenosteosynthese erfolgte in nur 9% bei offenen Frakturen.

Die Mehrzahl der Operationen (73%) wurde in der Tagschicht (8-20 Uhr) ausgeführt (Abb. 20). Die Operationsdauer betrug im Mittelwert 112 Minuten (43 bis 327 Minuten) (Abb. 19). Die Operationsdauer beim unaufgebohrten Femurnagel (n=5; davon n=3 mit Polytrauma und n=2 mit mehrfachen Infektionen) lag im Mittel leicht darunter bei 100 Minuten (43 bis 180 Minuten). Die Mittelwerte der einzelnen Implantate lagen bei 112 Min für AFN und 110 Min für DFN annähernd gleich, hingegen bei 126 Min für Plattenosteosynthesen. Ein signifikanter Zusammenhang der subjektiven Angaben der Patienten im EQ-5D mit besonders langen oder nächtlichen Operationen konnte nicht beschrieben werden.

Abb. 19: Operationsdauer

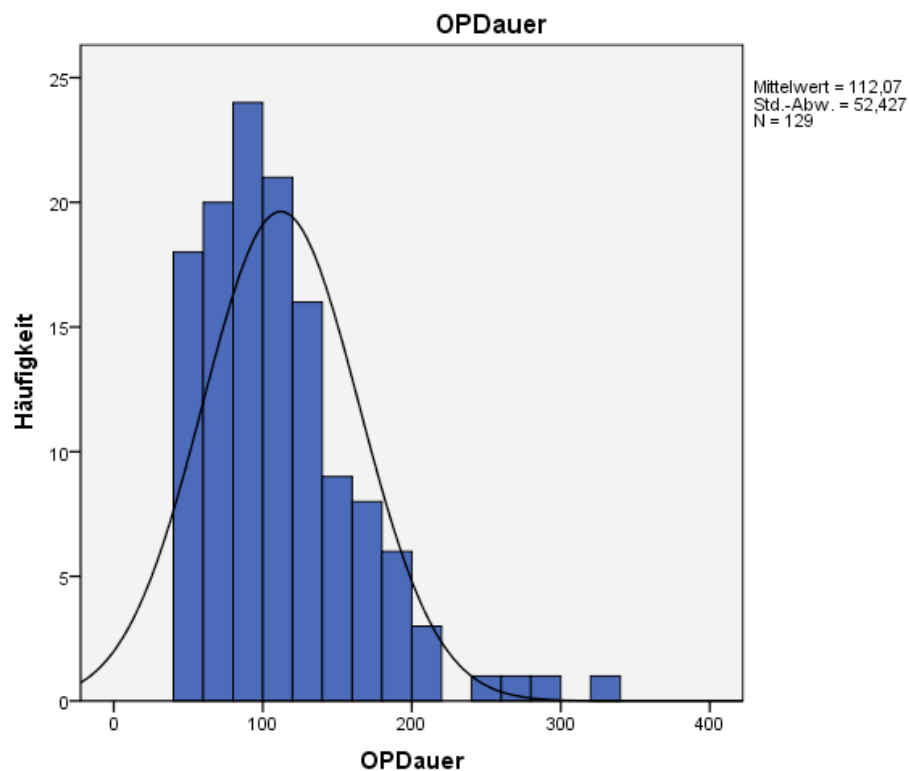
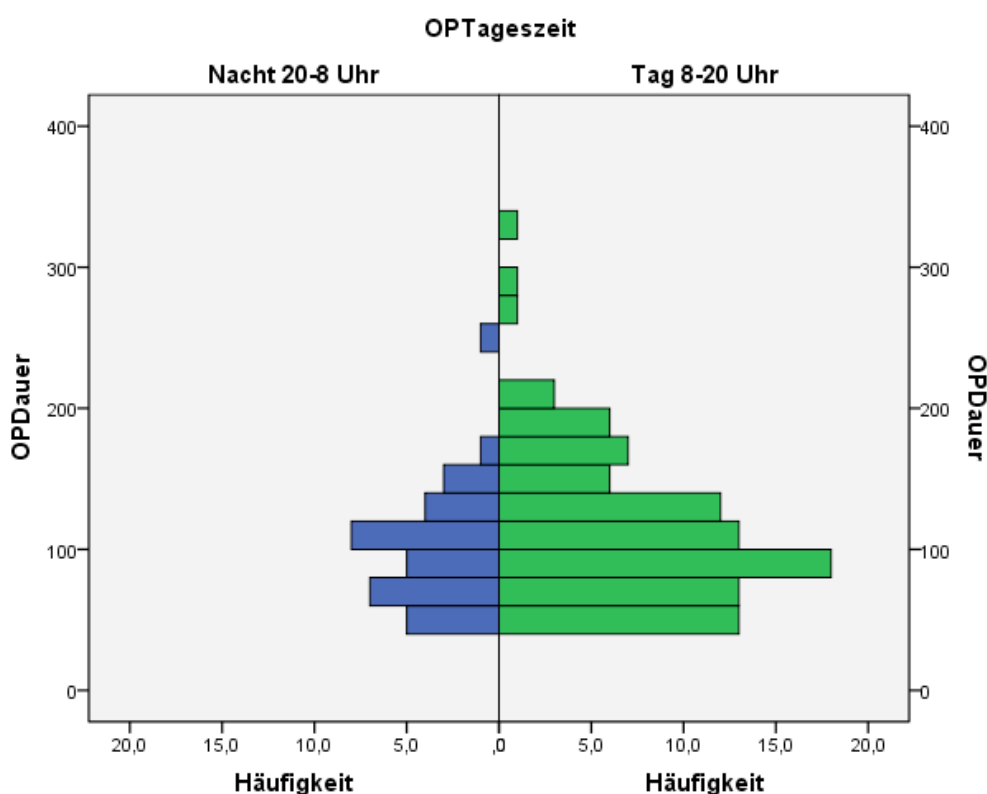


Abb. 20: OP-Dauer im Zusammenhang mit OP-Tageszeit



In unserer Studie können wir eine erhöhte Rotationsfehlerrate bei den nächtlich durchgeführten Operationen mittels DFN feststellen. Allerdings stellte sich eine erhöhte Gesamtkomplikationsrate bei den tagsüber (8-20 Uhr) durchgeführten Operationen heraus, die alle Implantate betrafen.

#### 4.5 Komplikationen

Anhand der Patientenakten wurden im Verlauf 18 Fälle (11%) mit postoperativen Komplikationen ausfindig gemacht. Eingeschlossen wurden Fälle mit Infektionen im Verletzungsbereich (n=8), Pseudarthrose (n=5), Implantatbruch (n=5), Rotationsfehler (n=4) und sekundäre Dislokation (n=2). Weiterhin wurde die Länge des stationären Aufenthaltes betrachtet. Nervenläsionen im OP-Bereich stellten sich in den vorliegenden Daten nicht dar. In vier Fällen trat ein Implantatbruch (2 Fälle von Bolzen, 1 Platte, 1 AFN) als Folge bei Pseudarthrose auf. Die geringste Komplikationsrate zeigt sich bei der Versorgung mittels AFN (Tab.9).

Tab. 9: Übersicht Komplikationen und Implantatwahl

Implantat	Komplikationen		Gesamt
	absolut	relativ	
Antegrader Nagel	11	9%	118
Retrograder Nagel	5	18%	28
Plattenosteosynthese	2	17%	12
Gesamt	18	11%	159

Bei der Gegenüberstellung der komplikationsbehafteten Fälle mit und ohne Kofaktoren wie Polytrauma, offene Frakturen und Lebensalter ließ sich feststellen, dass Komplikationen in beiden Gruppen ähnlich häufig auftraten (Tab. 10).

Tab. 10: Gegenüberstellung bei Polytrauma (n=101)

Fix. externe	Alter (<60 J./=>60 J.)	Offene Fx (n=19)	Mit Komplikationen
<b>nein</b> n=32 (32%)	n= 32/0	n= 7 (22%)	n= 4 (13%)
<b>ja</b> n=69 (68%)	n= 62/7	n= 12 (17%)	n= 8 (12%)

Hinsichtlich des Frakturtyps ist bei unserem Patientenkollektiv auffallend, dass die Typ B Frakturen deutlich mehr im Zusammenhang mit einer Komplikation zu stehen scheint (Tab. 11). Dieser Umstand konnte mittels Chi-Quadrat-Test nicht signifikant untermauert werden.

Tab. 11: Zusammenhang Komplikationen und Frakturtyp

Frakturtyp	Komplikationen		Gesamt
	ja	nein	
Typ A	7 (10%)	62 (90%)	69
Typ B	8 (16%)	43 (84%)	51
Typ C	3 (9%)	29 (91%)	32
Gesamt	18 (11%)	134 (89%)	152

Die Infektionsrate war nach retrograder Nagelosteosynthese am geringsten. Pseudarthrosen und Implantatbruch zeigten sich mit jeweils 8% häufiger bei Plattenosteosynthese. Bei DFN traten Rotationsfehler mit 7% und sekundäre Dislokation mit 4% vermehrt auf (Tab. 12).

Tab. 12: Übersicht zu den komplikationsbehafteten Fällen im Zusammenhang mit Implantat

Komplikation	Gesamt (n=159)	AFN (n=118)	DFN (n=28)	Platte (n=12)	Fixateur externe (n=76)
Infektion	8 (5%)	6 (5%)	1 (4%)	1 (8%)	5 (7%)
Pseudarthrose	5 (3%)	3 (3%)	1 (4%)	1 (8%)	2 (3%)
Implantatbruch	5 (3%)	3 (3%)	1 (4%)	1 (8%)	2 (3%)
Rotationsfehler	4 (3%)	2 (2%)	2 (7%)	0	3 (4%)
Sekundäre Dislokation	2 (1%)	1 (1%)	1 (4%)	0	0

In Tabelle 13 wird die Gesamtkomplikationsrate in Zusammenhang mit dem Zeitpunkt der definitiven Osteosyntheseversorgung dargestellt. Es zeigt sich, dass die Komplikationsrate bei einer definitiven Osteosynthese ab dem 11. Tag nach Unfallereignis deutlich ansteigt.

Tab. 13: Übersicht zu den komplikationsbehafteten Fällen im Zusammenhang mit Dauer bis zur definitiven Versorgung

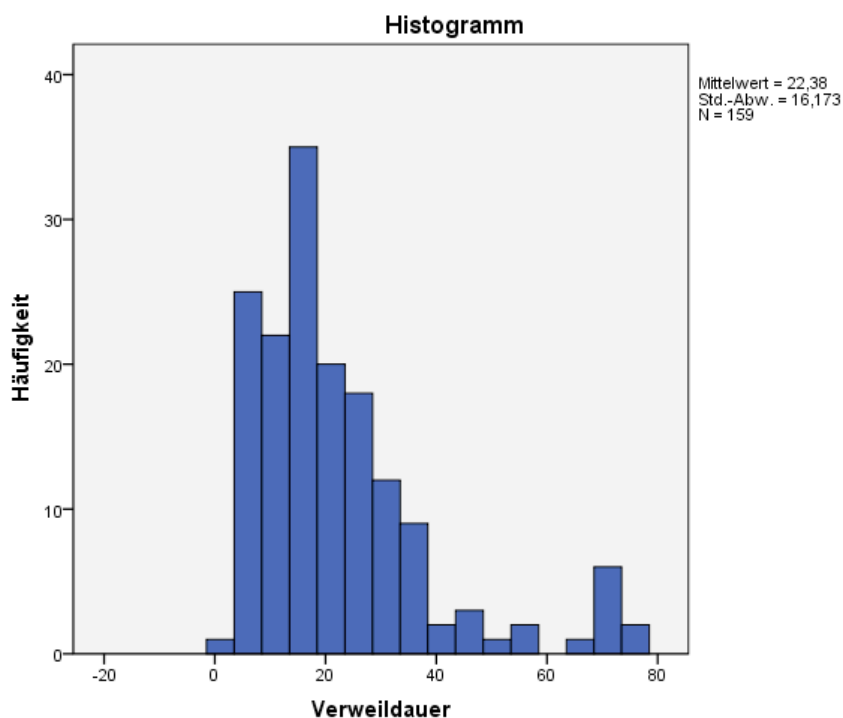
	OP <48h	3.-5.d	6.-10.d	11.-14.d	>14d
Gesamt	91	24	28	9	7
<b>Mit Komplikationen</b>	11 (12%)	2 (8%)	0 (0%)	2 (22%)	3 (43%)
Infektion	4	1	0	1	2
Pseudarthrose	4	0	0	1	0
Implantatbruch	3	1	0	1	0
Rotationsfehler	2	1	0	0	1
Sekundäre Dislokation	2	0	0	0	0

Die Infektionsraten bei Patienten mit und ohne Fixateur externe Anlage unterschieden sich mit 4% versus 7% nur geringfügig.

## 4.6 Stationäre Verweildauer

Der stationäre Aufenthalt der Patienten betrug im Mittel 22 Tage (1 bis 76) Tage und der Median 18 Tage (Abb. 21). Die zur Anwendung gekommene definitive Osteosyntheseart zeigt keinen wesentlichen Einfluss auf die Verweildauer. Etwa 60% der Patienten wurden nach spätestens 3 Wochen entlassen (Tab. 14).

Abb. 21: Durchschnittliche Verweildauer (in Tagen)



Tab. 14: Darstellung Zusammenhang Verweildauer und Implantat

	< 7 d	7– 14 d	15 – 21 d	22 d - 8 Wo	> 8 Wochen	Gesamt
<b>AFN</b>	9 (8%)	36 (31%)	24 (20%)	44 (37%)	5 (4%)	118
<b>DFN</b>	2 (7%)	7 (25%)	8 (27%)	8 (27%)	3 (11%)	28
<b>Platte</b>	0	2 (17%)	5 (42%)	3 (25%)	2 (17%)	12

Eine deutlich längere Verweildauer zeigt sich nach primärer Versorgung mit einem Fixateur externe. Die Verweildauer ist hier im Mittel mit 31 Tagen doppelt so hoch wie ohne Fixateur externe mit 15 Tagen. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass 91 % der Patienten mit einem Fixateur externe polytraumatisiert waren und 17 % eine offene Fraktur aufwiesen. Dies war bei Patienten ohne primäre Fixateurstabilisierung lediglich in 39 %, respektive 12 % der Fall.



#### 4.7 Radiologische Ergebnisse

Ziel der radiologischen Untersuchung war es, die Passgenauigkeit des Nagels im Markraum zu bestimmen und im Zusammenhang mit Osteosynthesekomplikationen oder Pseudarthrosenrate zu bewerten. Es wurde die Hypothese aufgestellt, dass ein erhöhter Abstand zwischen Marknagel und innerer Kortikalisbegrenzung zu stärkeren Mikrobewegungen des Marknagels und in der Folge zu häufigerem Materialversagen oder Pseudarthrose führt. In dieser Subgruppenanalyse wurden 46 Typ A und Typ B Frakturen ausgewertet, bei denen sich der Frakturverlauf distal des Messpunktes (12 cm distal des Trochanter major) befand.

Der Mittelwert des Abstand Markraumdurchmesser zu Marknageldurchmesser lag bei 1,23 mm und der Median bei 1,17 mm.

Tab. 15: Zshg. zwischen Nagelpassgenauigkeit im Markraum und Materialversagen (MV) sowie Pseudarthrosenrate (PA)

		Abstand Markraum-Marknagel (in mm)					Gesamt
		1,00-1,10	1,11-1,20	1,21-1,30	1,31-1,40	1,41-2,00	
<b>Komplikation</b> (PA und MV)	<b>ja</b>	1 PA	0	0	0	1 PA / 2MV	2PA / 2 MV
	<b>nein</b>	26	35	26	10	12	109
<b>Gesamt</b>		27	35	26	10	15	113

Der Abstand in Bezug zu den n=2 auswertbaren Pseudarthrosefällen umfasst 0,8 mm und 1,50 mm. Zwei Fälle von Implantatbruch waren bei einem Abstand von 1,50 mm und 1,67 mm vorhanden (Tab. 15). Zwei Fälle mit sekundärer Dislokation bestanden bei einem Abstand von 1,21 mm sowie 1,40 mm. Die gemessenen Abstände sind insgesamt sehr klein, d.h. der Marknagel füllt den Markraum weitgehend aus und zeigt eine gute Passgenauigkeit. Ein Grund hierfür liegt möglicherweise in der Aufbohrung des Markraumes. Aufgrund der geringen auswertbaren Fallzahl und der sehr niedrigen Rate an Osteosynthesekomplikationen bzw. Pseudarthrosen, kann jedoch in dieser Arbeit keine abschließende Aussage darüber getroffen werden, ob ein größerer Abstand von Nachteil ist.

## 4.8 Letalität

Für das untersuchte Patientengut ergibt sich bei einem aufgetretenen Todesfall eine 30-Tage-Letalitätsrate von 0,7 %. Der 21 jährige Patient erlitt nach einem Verkehrsunfall als Motorradfahrer schwere Verletzungen im Rahmen eines Polytraumas, an denen er einen Tag nach dem Unfall erlag. Es wurde der Hirntod nach behandeltem posttraumatischen malignem Hirnödem festgestellt.

Tab. 16: Übersicht unseres Patientenkollektives

Charakteristik	Antegrader IMN	Retrograder IMN	Plattenosteosynthese
Patientenanzahl	107	25	10
Frakturanzahl	118	28	12
Durchschnittsalter	38 Jahre	41 Jahre	53 Jahre
Anteil >60 Jahre	19%	25%	50%
Geschlecht:			
Männer	68%	46%	50%
Frauen	32%	54%	50%
Fraktur:			
Geschlossen	86%	82%	92%
Offen	14%	18%	8%
Polytrauma	64%	68%	50%
Frakturtyp:			
32A	46%	46%	36%
32B	30%	43%	45%
32C	24%	11%	18%
Fixateur externe	45%	54%	58%
Mittl. Dauer bis def. Versorg.	3,3d	4,4d	5,3d
Mittl. Verweildauer KH	21d	25d	31d
Letalität	0	0	0

## 4.9 Subjektive Einschätzung der Lebensqualität nach Operation

Anhand der Krankenakten konnten 52 Patienten mit 58 Frakturen identifiziert werden, die einen EQ-5D Fragebogen ausgefüllt hatten. Das entspricht 37% der Gesamtfallzahl. Der Fragebogen wurde im Durchschnitt 4 Jahre und 11 Monate (19 bis 102 Monate) nach der definitiven operativen Versorgung ausgefüllt. Darunter waren 38 (66%) Männer und 20 (34%) Frauen und bildet somit das Verhältnis des Gesamtkollektives ab. Das durchschnittliche Alter lag mit 42 Jahren höher als das des Gesamtkollektives: bei den Männern bei 37 Jahren (Median 32 statt 27 Jahre Gesamtkollektiv) und bei den Frauen bei 50 Jahren (Median 55 statt 42 Jahren Gesamtkollektiv). 53 Fälle wurden mit einem Marknagel

versorgt. Es erhielten 42 (72%) Fälle einen antegraden Nagel und 11 (19%) Fälle einen retrograden Nagel. Diese Verteilung entspricht annähernd dem des Gesamtkollektives (Tab. 17).

Tab. 17: Vergleich Gesamtkollektiv und Subgruppe mit EQ-5D Fragebogen und Gesamtkollektiv

	<b>AFN</b>	<b>DFN</b>	<b>Plattenosteosynthese</b>
<b>Ursprungskollektiv (n=159)</b>	118 (74%)	28 (18%)	12 (8%)
<b>EQ-5D Kollektiv (n=58)</b>	42 (72%)	11 (19%)	5 (9%)

In Tabelle 18 werden die beiden Kollektive anhand epidemiologischer und fraktur-spezifischer Kriterien verglichen, die ebenfalls eine weitgehend Übereinstimmung der Kollektive zeigen. Lediglich die mittlere Verweildauer war im Gesamtkollektiv deutlich länger.

Tab. 18: Vergleich Ursprung- und EQ-5D Kollektiv

	<b>EQ-5D-Kollektiv</b>	<b>Gesamtkollektiv</b>
<b>Mit Polytrauma</b>	67%	64%
<b>Alter &gt; 60 Jahre</b>	26%	22%
<b>Typ A-Frakturen</b>	45%	35%
<b>Typ B-Frakturen</b>	36%	25%
<b>Typ C-Frakturen</b>	14%	16%
<b>Offene Frakturen</b>	16%	14%
<b>Mit Fixateur externe</b>	43%	48%
<b>Dauer bis zur def. Versorgung (Mittel)</b>	4,38d	4,33d
<b>OP-Dauer</b>	113 Min	112 Min
<b>Mittlere Verweildauer</b>	23 d	31 d

Somit lässt sich festhalten, dass das auswertbare Kollektiv sehr gut mit dem Gesamtkollektiv übereinstimmt und als repräsentativ betrachtet werden kann.

Die folgende Übersicht zeigt die Auswertung des EQ-5D Fragebogens in ihren einzelnen Dimensionen. In der AFN Gruppe waren hauptsächlich keine oder mittelgradige Beschwerden zu verzeichnen, gravierende Probleme wurden über alle Dimensionen in 2-7% festgestellt. In der DFN Gruppe traten keine extremen oder massiven Probleme auf,

abgesehen von der Kategorie „Schmerzen/körperliche Beschwerden“ bei 27% der Patienten (Tab. 19). Eine Auswertung der Fälle, die mit einer Plattenosteosynthese versorgt wurden, ist aufgrund der geringen Fallzahl nicht abschließend möglich.

Tab. 19: Häufigkeitsverteilung Dimensionen des EQ-5D zu Implantat

EQ-5D Dimension		Antegrader Nagel (n=42)	Retrograder Nagel (n=11)	Platte (n=5)	Fehlende Werte (Ante-/Retrograd/Platte)	Total (n=58)
Mobilität	Keine Probleme	28 (67%)	1 (9%)	3 (60%)	0/0/0	32 (55%)
	Einige Probleme	13 (31%)	10 (91%)	1 (20%)		24 (41%)
	Bettlägerig	1 (2%)	0	1 (20%)		2 (3%)
Selbstfürsorge	Keine Probleme	37 (90%)	8 (73%)	4 (80%)	1/0/0	49 (86%)
	Einige Probleme	2 (5%)	3 (27%)	0		5 (9%)
	Unmöglich	2 (5%)	0	1 (20%)		3 (5%)
Alltägliche Aktivitäten	Keine Probleme	27 (64%)	2 (18%)	3 (60%)	0/0/0	32 (55%)
	Einige Probleme	12 (29%)	9 (82%)	1 (20%)		22 (38%)
	Unmöglich	3 (7%)	0	1 (20%)		4 (7%)
Schmerzen/ Körperliche Beschwerden	Kein Schmerz	17 (43%)	1 (9%)	2 (40%)	2/0/0	20 (36%)
	Moderater Schmerz	21 (52%)	7 (64%)	2 (40%)		30 (54%)
	Extremer Schmerz	2 (5%)	3 (27%)	1 (20%)		6 (10%)
Angst/ Depression	kein	32 (82%)	7 (64%)	3 (60%)	3/0/0	42 (76%)
	Moderat	5 (13%)	4 (36%)	1 (20%)		10 (18%)
	Extrem	2 (5%)	0	1 (20%)		3 (5%)
Quersumme Mittelwert (5-15 Pkt.)		6,6	8,5	8		
Schmerzen (NRS Mittel) gesamt:						
Hüfte		0,9 (n=11; Werte 3-5)	1,6 (n=4; Werte 3-6)	4 (n=3; Werte 5-8)		
Oberschenkel		1 (n=14; Werte 1-8)	2,2 (n=5; Werte 1-8)	2 (n=2; Werte 2,8)		
Knie		1 (n=10; Werte 2-6)	3,5 (n=9; Werte 1-7)	2 (n=3; Werte 1-7)		

Die graphische Darstellung verdeutlicht, dass prozentual mehr Patienten Probleme ansprachen, die mit einem retrograden Nagel oder einer Plattenosteosynthese versorgt wurden. Jedoch war die Schwere der Beeinträchtigung bei der retrograden Marknagelung geringer als bei den Patienten, die mit einem antegraden Nagel oder einer Platte versorgt

wurden bis auf eine hervorstechenden Ausnahme (n=3) in der Kategorie Schmerz/Körperliche Beschwerden (Abb. 22 und 23)

Abb. 22: Verteilung der Patienten mit Problemen (ohne Schweregrad)

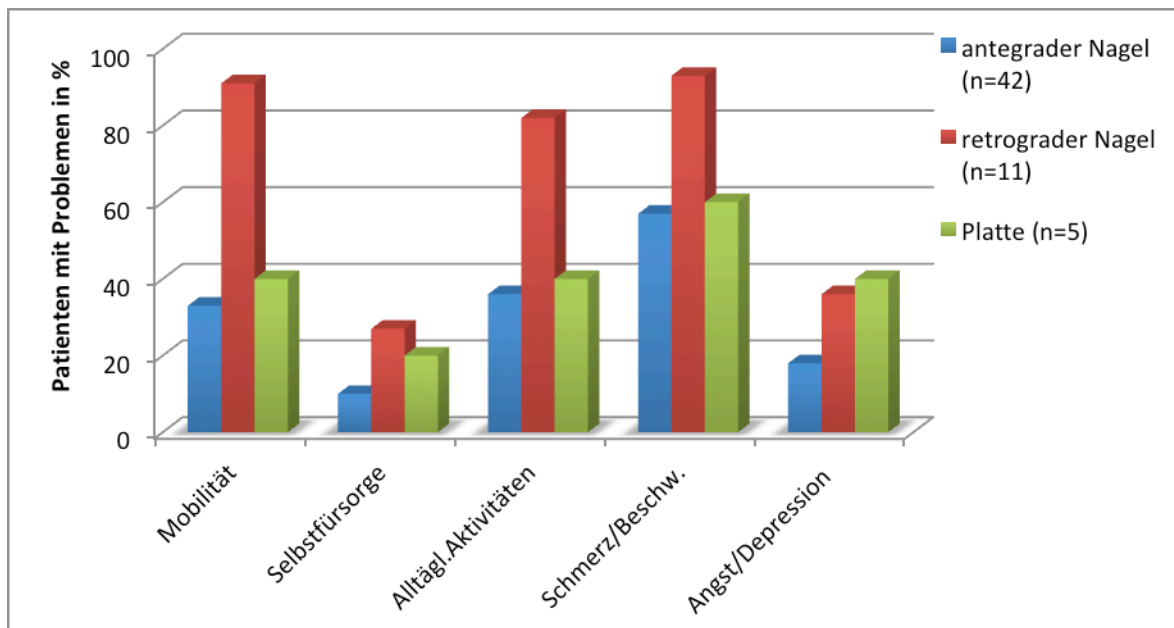
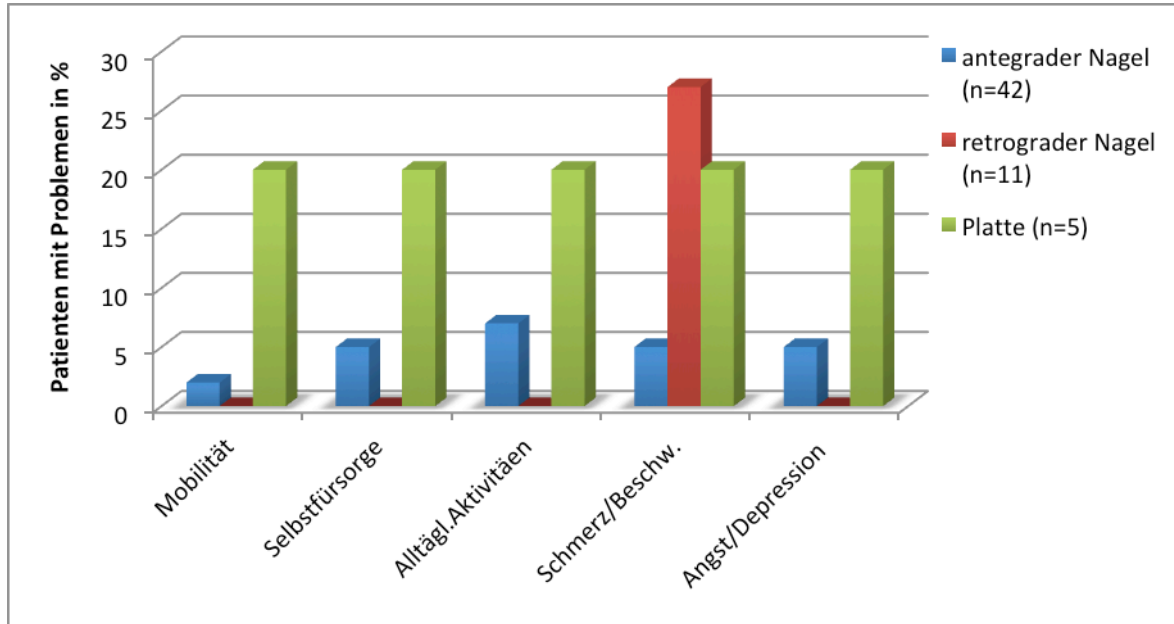


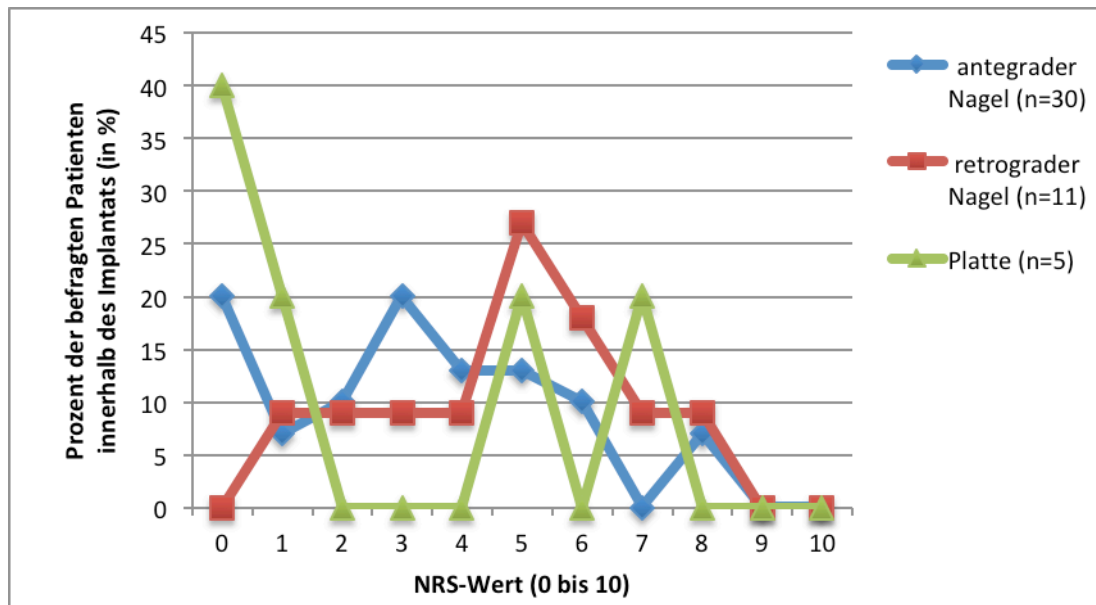
Abb. 23: Verteilung der Patienten mit massive Problemen



Dieser Aspekt zeigt sich auch in der Numerischen Rating Skala. Die NRS beschreibt das subjektive Schmerzempfinden mit Werten von 0=keine Schmerzen, 5=mittlere Schmerzen bis maximal 10=unerträgliche Schmerzen. Beim antegraden Nagel finden sich zwei Peaks bei einem Wert von 0 und 3 (je 20% der Befragten kreuzten diese Werte an). Beim retrograden Nagel liegt ein Peak im mittleren Bereich bei einem Wert von 5 (27%) (Abb. 24).

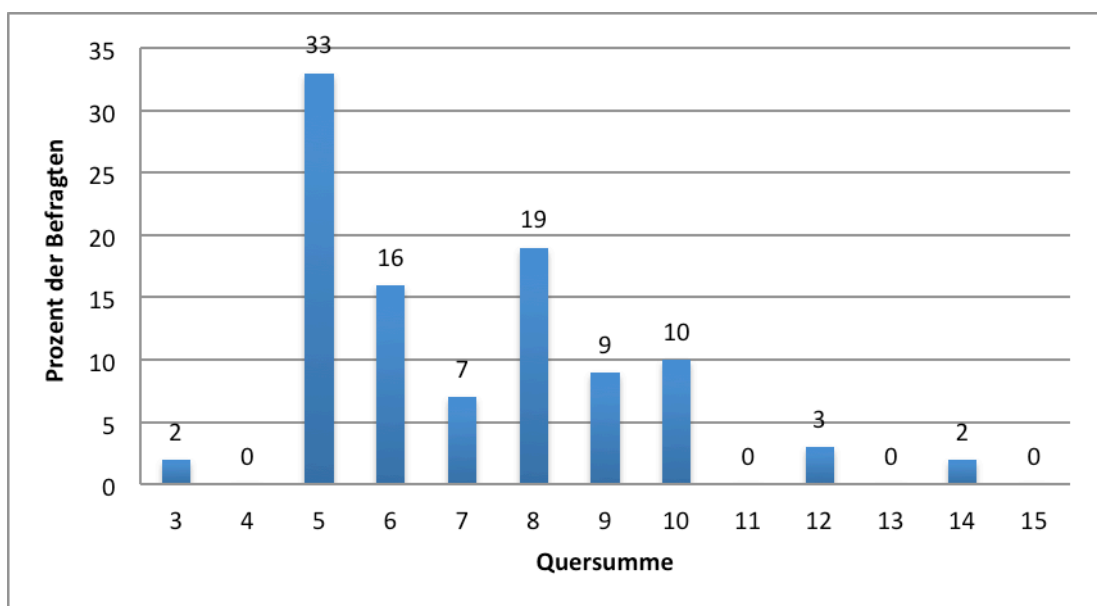
Ein NRS Wert >5 stand in jedem Fall im Zusammenhang mit einem Polytrauma. Das Patientenalter >60 Jahre ging nicht mit einem höheren NRS-Wert einher.

Abb 24: Angaben der befragten Patienten auf der Numerische Rating Skala



Die allgemeine subjektive Lebensqualität jedes befragten Patienten wird verdeutlicht in der Quersumme aller Dimensionen (5-15 Punkte). Der Mittelwert aller Befragten zusammen lag bei einer Quersumme von 7 (6,6 beim antegraden, 8,5 beim retrograden Nagel und 8 bei Plattenosteosynthese) und der Median bei 6,5 entsprechend einer hohen Lebensqualität (Abb.25).

Abb. 25: relative Häufigkeiten der Quersumme des EQ-5D (in %)



## 5. Diskussion

### Patientenkollektiv

Das Durchschnittsalter der Männer in unserem Kollektiv betrug 34 Jahre (Median 27 Jahre) und das der Frauen 48 Jahre (Median 42 Jahre). In einer vielzitierten großen Auswertung von demografischen Daten aus Schweden lag der Altersmedian der Männer dort ebenfalls bei 27 Jahren und unser Median deutlich unter dem für Frauen mit 79 Lebensjahren (Weiss et al 2009). Auf diese Studie nehmen Lötgers et al 2009 sowie Dovi-Akue et al 2009 in ihren Darstellungen für den deutschsprachigen Raum der Femurschaftfrakturen Bezug. Krettek und Gösling (2012) stützen sich auf Daten des Statistischen Bundesamtes 2004 und beschreiben einen männlichen peak zwischen dem 15. und 29. Lebensjahr sowie einen weiblichen peak zwischen dem 70. und 94. Lebensjahr, welches der schwedischen Situation entspricht. In unserem Kollektiv finden wir eine zweigipflige Altersverteilung. Hier erkennt man einen Gipfel über dem 20. Lebensjahr bei beiden Geschlechtern und einen weiteren über dem 80. Lebensjahr nur bei den Frauen, welches sich Weiss et al annähert. Die Alters- und Geschlechtsverteilung unseres Patientenkollektives werden demnach weitgehend von anderen Studien bestätigt, die ebenso ein durchschnittlich junges Kollektiv zeigen (Lötgers et al 2009, Weiss et al 2009, Dovi-Akue et al 2009, Wentzensen et al 2012). Die Inzidenz der Femurschaftfraktur wird derzeit mit 10 bis 13:100000 in Schweden bzw. den USA angegeben (Stannard et al. 2012, Weiss et al. 2009). Stannard bestätigt somit die Inzidenz die Fakhry et al. bereits 1994 für North Carolina ermittelten.

### Frakturursachen und -typen

Als Hauptursachen für Femurschaftfrakturen werden Verkehrsunfälle (VKU) und Stürze berichtet (Rüter et al. 2008, Weiss et al. 2009). Im untersuchten Kollektiv fanden wir Hochrasanztraumata (überwiegend durch VKU) zu 66% ursächlich besonders zwischen dem 20. bis 40. Lebensjahr wovon 73% das männliche Geschlecht betraf. Stürze kamen mit 29% zunehmend nach dem 60. Lebensjahr überwiegend bei Frauen mit 59% und davon zu 71% im häuslichen Umfeld vor. Diese erhobenen Daten werden in der amerikanischen und deutschen Literatur ähnlich beschrieben (Siewert 2001, Stannard et al. 2012). Hingegen verweist die schwedische Literatur auf den Ursachenschwerpunkt Sturz mit 50% und nur

17% durch VKU wobei hier der Anteil der Männer ebenfalls mit 74% überwiegt (Weiss et al. 2009). Diese Position wird von Dovi-Akue et al. (2009) unterstützt, der hierzulande einen Trend zu vermehrter Sturzursache in der Ebene und besonders des weiblichen Geschlechtes (erhöhte postmenopausale Osteoporoseinzidenz) beobachtete. In Bezug auf den demografischen Wandel der deutschen Bevölkerung ist mit einer Steigerung von Bagatellursachen wie Stürzen im höheren Lebensalter zu rechnen.

Der Schweregrad der Fraktur, das Ausmaß des Weichteilschadens und das Bestehen von weiteren schweren Verletzungen (z.B. im Rahmen eines Polytraumas) sind wichtige Faktoren die das Ergebnis des Gesamtverlaufes und den Heilungsprozess beeinflussen. Eine unserer Studie ähnliche Verteilung der Frakturtypen findet sich auch bei Ricci et al. (2001) mit 32 A 38-42%, 32 B 34-51% und 32 C 15-18% in den beiden Implantatgruppen. Ein besonders komplikationsbehafteter Frakturtyp zeichnete sich nicht ab. Am häufigsten traten Frakturen der Untergruppen AO32 A3 und AO32 B2 auf. Stürze führten gehäuft zu einfachen Frakturen (Typ A1-3 sowie Typ B1). Die schwierigen Frakturformen traten wie zu erwarten überwiegend in Zusammenhang mit einem Polytrauma auf. In unserer Studie gingen die Unfälle zu 64% in Kombination mit einem Polytrauma einher. Tornetta und Tiburzi (2000) beschreiben ebenfalls annähernd 50% als instabile Patienten. Laut Nutz und Heitmann (1989) sind sogar 79% der Femurschaftfrakturen mit einem Polytrauma assoziiert. In anderen Literaturangaben werden circa ein Drittel aller Patienten mit einer Femurschaftfraktur als mehrfachverletzt beschrieben (Lögters et al. 2009, Siewert 2001, Rüter et al. 2008). Das hohe Aufkommen von Polytraumafällen in der vorliegenden Studie resultiert aus dem Umstand, dass das Universitätsklinikum Leipzig als überregionales Traumazentrum selektiv höher frequentiert wird als andere Krankenhäuser, da es für die Versorgung der Patienten über eine optimale Ausstattung und Bedingungen verfügt (zwei Hubschrauberlandeplätze, zwei Schockräume und die direkte räumliche und organisatorische Zusammenarbeit zu CT, OP, Intensivstation sowie anderen Kliniken/Abteilungen am Krankenhaus mit standardisierten und routinierten Abläufen).

Der entstandene Weichteilschaden, der mit dem Frakturgeschehen einher gehen kann, wurde in vielen Studien miteinbezogen (z.B. Ostrum et al 2000, Ricci et al 2001), da er ein wichtiger Parameter bezüglich Komplikationen wie Infektionen und Heilungsrate darstellt und im praktischen Klinikalltag üblicherweise bei Aufnahme dokumentiert wird. Bei 14% der Frakturen bestanden offenen Frakturen, wobei der überwiegende Teil als erstgradig



offene Frakturen (73%) diagnostiziert wurden. Hochrasanztraumen bildeten wie zu erwarten hierbei die führende Ursache und standen zu 83% in Zusammenhang mit einem Polytrauma. In der schwedischen Literatur wurden hingegen nur 2% aller Frakturen als offengradig eingestuft. Lögters spricht ebenfalls von einem Anteil zwischen 2 bis 5%, wobei dieser bei Polytrauma bis zu 25% ansteigt, was wir in unserer Studie mit einem Anteil von 20% (hauptsächlich bei VKU) bestätigen können (Lögters et al. 2009, Weiss et al 2009). In der Studie von Ricci et al. (2001) wurden gleichermaßen ca. 20% offene Frakturen in beiden Subgruppen angegeben, hingegen beschreiben Tornetta und Tiburzi (2000) 10% offene Frakturen. Der hohe Anteil an polytraumatisierten Patienten sowie offener Frakturen hängt möglicherweise von schwer vergleichbaren Faktoren ab wie der gesamten Infrastruktur des betroffenen Einzugsgebietes (z.B. verkehrstechnische Anbindung), dem Anteil und Auslastung der umliegenden Krankenhäuser mit Maximalversorgung und der Altersverteilung der Bevölkerung. Betrachtet man ausschließlich diesen hohen Anteil in dieser Studie, sind die Voraussetzungen für eine komplikationslose Heilung als eher ungünstig einzustufen. Trotz solch hoher Anzahl komplexer und schwerer Fälle ermittelten wir eine 30-Tage-Letalitätsrate von nur 0,7%. Dies spricht für eine schnelle und gezielte Versorgung unserer Patienten. Ostrum et al. (2000) beschrieben in ihrer Studie eine 2% Letalität (in beiden Subgruppen ausgewogen) und Ricci et al. (2001) ebenfalls 1%. Dies ist jedoch abhängig von der Gesamtverletzungsschwere im Rahmen der Ursache.

Zusammengefasst ergibt sich ein in der Literatur bestätigtes Bild des Traumahergangs sowie der Frakturart für das vorgestellte Patientenkollektiv mit einem erhöhten Anteil an Polytraumata und offenen Frakturen angesichts oben aufgeführter Verhältnisse und Zusammenhänge.

### Osteosyntheseart

Der weitaus größte Anteil (92%) unseres Patientenkollektives wurde durch eine intramedulläre Marknagelung (IMN) versorgt und in nur 8% wurde eine Plattenosteosynthese verwendet. Bei der Anwendung der Plattenosteosynthese ist auffällig, dass das Durchschnittsalter ca. 13 Jahre über dem der Patienten mit intramedullärer Osteosynthese lag und dabei jeweils 50% der Patienten <30 Jahre und >70 Jahre alt waren. Dies ist zu erklären durch die spezielle Indikationsstellung. In der schwedischen Studie Weiss et al. (2009) wird eine Bevorzugung der Marknagelung mit lediglich 54% sichtbar, wobei die

Plattenosteosynthese mit 16% deutlich über dem Anteil in unserer Studie liegt. Der höhere Plattenanteil der schwedischen Studie ist auf den höheren Anteil älterer Patienten und dem damit einhergehenden höheren Aufkommen von Osteopenie/-porose zurückzuführen, bei welcher der Plattenosteosynthese Vorzug gegeben wurde. Frühere Studien wie beispielsweise die 1989 von Nutz und Heitmann (Universitätsklinikum Bonn) befassen sich mit allen drei Implantatformen (74% Plattenosteosynthese und 17% IMN) und vergleichen deren Komplikationsraten (Gesamt 13,4%). Zu diesem Zeitpunkt hatte sich die IMN noch nicht wie heute etabliert. Fakhry et al. (1994) führten die konservative Therapie in landwirtschaftlichen North Carolina sogar noch zu 31% auf, räumten aber der frühen chirurgischen Interventionsstrategie ein deutlich besseres Outcome und eine geringere Krankenhausverweildauer ein. Neuere ante- und retrograde IMN vergleichende Studien wie beispielsweise von Tornetta und Tiburzi (2000), Ostrum et al. (2000) und Ricci et al. (2001) können eine ausgewogene Fallzahlverteilung beider Subgruppen vorweisen, lassen allerdings die Plattenosteosynthese außen vor. Unsere Anwendung in 92% der Fälle bestätigen den aktuellen Stand der Anwendungsverteilung der ante- als auch der retrograde Marknagelung als etablierte Verfahren (Krettek 2001, Karadimas et al. 2009, Ricci et al. 2009, Neumann et al. 2015, Mohammed et al. 2015).

## Komplikationen

Bei der Untersuchung von auftretenden späten Komplikationen richteten wir uns nach den Angaben der aktuellen Literatur und den in vergleichbaren Studien benannten Komplikationen (siehe Tab. 20). Dazu zählen nach Löfgers et al. (2009) und Muhr und Wick (2005) Implantatversagen (Nagel 3-4%, Platte 10%), posttraumatische Fehlstellung (bis 28%), Pseudarthrose (Nagel 1-5%, Platte 10-15%) und heterotope Ossifikation (bis 25%). Auch bei Siewert (2001) finden wir eine ähnliche Aufzählung. Dovi-Akue et al. (2009) ergänzt diese um Beinlängendifferenz und Kompartmentsyndrom. Infektion mit 1-2% und Nervenlähmung (beispielsweise N.gluteus sup. und N.pudendus) werden u.a. von Trompeter und Newman (2013) zusätzlich angeführt. Die Heilungsraten werden im allgemeinen bei AFN und DFN als sehr hoch und annähernd gleich beschrieben wobei die überwiegende Mehrzahl der Fälle (ca. 90%) innerhalb von 3-6 Monaten zur Ausheilung gebracht werden können (Siewert 2001, Dovi-Akue et al. 2009, Moed et al. 1995, Tornetta et al. 2000, Holmenschlager et al. 2002, Ricci et al. 2001, Zhang et al. 2015). Eine leicht verlängerte Heilungsdauer bei DFN

werden bei Ostrum et al. (2000) aufgeführt und spiegeln sich bei unseren Patienten tendenziell in der längeren mittleren Verweildauer des DFN wieder. Auch in unserer Studie konnte gezeigt werden, dass sowohl die antegrade, als auch die retrograde Marknagelosteosynthese zu einer hohen Ausheilungsrate bei einer geringen Anzahl (n=18, 11%) von Komplikationen führte. Es zeigten sich Komplikationen mit prozentual höherem Anteil bei retrograder Marknagelversorgung und bei Plattenosteosynthese als bei antegradem Nagel.

Hinsichtlich der klinischen Ergebnisse gibt es in der Literatur widersprüchliche Angaben. Patterson et al. (1995) berichtete über hohe Komplikationsraten bei der Versorgung mittels DFN über zwei verschiedene Nageleintrittspunkte mit einer hier ermittelten Pseudarthrosenrate von 36%, Implantatversagen bei 21% und Infektionsrate mit 7% allerdings bei einem kleinen Patientenkollektiv (n=17) mit hohem Gesamtverletzungsschweregrad. Moed und Watson (1995) empfehlen folglich den Einsatz des retrograden Femurnagels aufgrund einer relativ hohen Pseudarthrosenrate von 14% nur in ausgewählten Fällen. Ricci et al. (2001) berichten in ihrer größer angelegten Studie (n=293) von einer 99,5%igen Ausheilungsrate, dass die Pseudarthrosenrate bei 12% liegt und die übrigen Komplikationen im Vergleich zum antegraden Femurnagel nicht erhöht ausfallen. Lediglich die Schmerzen im Bereich des Nageleintrittes sind etwa dreimal häufiger beim retrograden als bei antegraden Nagel anzutreffen. Tornetta und Tiburzi (2000) berichten von doppelt so häufigen auftretenden Knieschmerzen und Shah et al. (2015) von ebenfalls hohen Fallraten (23%) an Knieschmerzen bei DFN mit deutlicher Besserung nach ME. Diese Position unterstützen auch Papadokostakis et al. (2005) mit einem Anteil von 24,4% (bei n=963) und die Langzeitstudie (n=62) von Phillips et al. (2011). Letztere stellten neben einer ipsilateralen Osteoarthritis (3%) bei 26% der Patienten leichte Schmerzen und Steifheit der beteiligten Gelenke fest. Jedoch wurde dieses Patientenkollektiv überwiegend konservativ behandelt. Auch Braten et al. (1995) bestätigen dies in ihrem untersuchten Kollektiv (n=120) und beobachteten 26% Hüftschmerzen und 20% Knieschmerzen. El Moumni et al. (2012) ermittelten in einer 7-jährigen Follow-up Studie (n=59) eine 17%ige Schmerzrate (moderat bis schwer) die unteren Extremitäten betreffend und betonten dies als wichtigen Grund für Behinderung. Ostrum et al. (2000) widersprechen dieser Ansicht da sie die Knieschmerzen in beiden Gruppen (n=100) gleichhäufig beobachteten. Sie benannten häufiger Hüft- und Oberschenkel Schmerzen bei AFN. In unserer Studie wurden hingegen

durch die Patienten verhältnismäßig öfter und stärkere Knie-, Oberschenkel- sowie Hüftschmerzen bei DFN beschrieben. Laut Braten et al. (1995) können für Hüftschmerzen neben der IM Nagelung beispielsweise Verriegelungsschrauben, Gewebenarben und heterotope Ossifikation ursächlich sein. Allerdings nehmen die Schmerzen nach ME in den meisten Fällen ab, was auf das Implantat an sich als einen Hauptfaktor der Schmerzverursachung hinweist. Auch White et al (2016) geben zu bedenken, dass intraartikuläre Pathologien (z.B. Subluxation, Labrumabriss) als Ursache anhaltender Hüftschmerzen abgeklärt werden sollten.

Braten et al. (1995) geben eine Infektionsrate von nur 0,8% an bei vorwiegend jungen Patienten mit geringerem Schweregrad. Weitere Studien bestätigen diese Werte (Karadimas et al. 2008, Papadokostakis et al. 2005, Krettek et al. 1998). Vergleichend zu unserer Studie war bei Braten et al der Anteil der offenen Frakturen geringer mit 10%, bei Krettek, Karadimas und Papadokostakis jedoch höher mit 20%, 18% und 17%. Im Langzeitverlauf sahen El Moumni et al. (2012) bei IMN sogar keine Fälle von Pseudarthrose und Infektionen. Auch Sadic et al. (2014) beobachteten keine Infektionen. Wir ermittelten hingegen eine Rate von 3,6% und 5% bei IMN. Nutz und Heitmann (1995), Halvarson et al. (2012), Becher und Ziran (2012) und Salem et al. (2006) fanden zu vergleichbaren Ergebnisse. Patterson et al. (1995) spricht sogar von 7% Infektionsrate bei der Versorgung mit DFN. Trompeter und Newman (2013) wiederum sprechen von ca. 1% Infektionen als Normbereich, die bei Fixateur externe Verwendung bis zu 1,7% ansteigen können. Retrograde Nagelung ist nach O'Toole et al. (2010) in 1,1% mit Knieinfektionen assoziiert. Unsere höhere Infektionsrate kann mit dem Gesamtverletzungsschweregrad (Polytrauma, offenen Frakturen, ggf. Multimorbidität) unseres Klientels assoziiert sein.

Unsere ermittelten und bei DFN leicht erhöhten Raten von Rotationsfehler und sekundären Dislokationen finden sich auch in anderen Studien wieder (Patterson et al. 1995, Ricci et al. 2001, Sadics et al. 2014). Auch Tornetta und Tiburzi (2000) sahen wie wir eine höhere Rate an Beinlängenverkürzung und Rotationsfehlstellungen bei der DFN-Gruppe. Laut Holmenschlager sind besonders beim DFN die Fehlstellungen überwiegend auf die Nagelinsertionsstelle zurückzuführen. Hufner et al. (2011) fanden sogar bis zu 22% Rotationsfehlstellungen nach IMN in Abhängigkeit zur Operationstageszeit. Auch Braten et al. (1995) verzeichneten eine Fehlstellungsrate von 19% und Appivatthakakul et al. (2009)

zu 14%. Citak et al. (2008) gelang der Nachweis, dass sowohl die mechanische Stabilität des Nagels als auch der Verriegelungsvorgang an sich einen relevanten Einfluss auf die femorale Antetorsion haben. Moed et al. (1995), Karadimas et al. (2008), Salem et al. (2006) und Holmenschlager et al. (2002) ermittelten geringere Werte von 2-5% Achsfehlstellungen, welches den ermittelten Daten in unserer Studie entspricht. Wieder andere Studien fanden keine Fehlstellungen (El Moumni et al. 2012, Köseoglu et al. 2011). Zukunftsorientierte Methoden wie die navigationsgestützte Marknagelung werden heute (z.B. zur Torsionskontrolle) immer häufiger eingesetzt, was die Auswertung neuerer Daten zukünftig z.B. durch eine bessere Vergleichbarkeit und Genauigkeit vereinfachen und zu einer geringeren Fehlstellungsrate führen könnte (Kinzl 2000, Wilharm et al 2008, Hübner et al 2009).

Die Komplikationsraten nach Plattenosteosynthese MIPO (LISS, LCP, DCP) gegen AFN untersuchten Köseoglu et al. (2011) (n=59) und stellen vergleichbare Komplikationsraten fest, wobei die Versorgung mit AFN tendenziell weniger Komplikationen vorweisen konnte. Durch die bei MIPO gewonnene Reduktion des chirurgischen Traumas ohne Freilegung der Frakturzone zeigten sich eine Abnahme von Infekt- und Pseudarthrosefällen. Allerdings seien nach Neubauer (2012) insuffiziente Repositionsergebnisse und Beinlängenverkürzungen häufiger anzutreffen. Eine abweichende Position vertreten Kanlic et al. (2001) (n=22) die mit einer Pseudarthroserate von 0% und einer Implantatbruchrate von 5% ähnlich gute Resultate im Vergleich zu IMN erzielten. Appivatthakakul et al. (2009) (n=36) ermittelte eine Infektions- und Pseudarthroserate von 0% und Smrke und Prinic (2000) konnten in ihrer größeren Studie (n=500) ebenfalls geringe Infektions- (2,6%), Pseudarthrose- und Implantatbruchraten (3-5%) darstellen. Nutz und Heitmann (1989) große Untersuchung (n=273) stellte bei 202 Plattenimplantaten eine erhöhte Komplikationsrate bei konventioneller Plattenosteosynthese für Pseudarthrose (Nagel 2,2% vs. Platte 9,9%) dar, wobei eine Zunahme der Pseudarthroseanfälligkeit von proximal nach distal durch die unterschiedliche Durchblutungswertigkeit der Femurschaftabschnitte erklärt wird. Für Infektionen beschrieben sie allerdings eine geringere Komplikationsrate mit 3,5% vs. 4,3% bei IMN. Infektionen traten in unserem Patientenkollektiv am häufigsten im Zusammenhang mit Plattenosteosynthesen mit einer Rate von 8% auf. Pseudarthrosen und Implantatbruch zeigten sich ebenfalls mit jeweils 8% häufiger bei Plattenosteosynthese. Diese traten allerdings in vielen Fällen im Zusammenhang auf. Solch eine hohe

Rate ermittelte auch die Canadian Orthopaedic Trauma Society (2003) für die AFN- und Papadokostakis et al (2005) für die DFN-Gruppe. In unserer Studie fanden wir Raten von 2,5% (AFN) bis 3,6% (DFN) heraus, die sich ebenfalls in der Literatur widerspiegeln (Holmenschlager et al. 2002, Krettek et al. 1998, Becher und Ziran 2012). Einige Studien lagen bei etwas höher Raten (Karadimas et al. 2008, Sadic et al. 2014) und Patterson et al. (1995) ermittelten eine 21% Implantatbruchrate.

Die vorhandenen prä- und postoperativen Röntgenbilder wurden zu den Patientendaten gesichtet und mit Hilfe der Instrumente des Magic Web einheitlich von einem unabhängigen Untersucher ausgemessen und dokumentiert. Es wurde der Abstand Markraum zum Marknagel anhand des Nageldurchmessers ausgewertet und sein Zusammenhang mit einer Komplikation untersucht. Die Messungen wurden auf der Höhe des Femuristhmus durchgeführt, unterliegen jedoch je nach Frakturtyp und Frakturlokalisierung gewissen Schwankungen. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die gemessenen Abstände insgesamt sehr klein sind, d.h. der Marknagel füllt den Markraum weitgehend aus und zeigt eine gute Passgenauigkeit. Ein Grund hierfür liegt möglicherweise in der Aufbohrung des Markraumes. In die Überlegung sollte einbezogen werden, dass sich mit höherem Patientenalter osteopenische bis osteoporotische Veränderungen des Knochens einstellen können, die überwiegend mit einer Erweiterung des Markraumes einhergehen. Bei einer geringen auswertbaren Fallzahl konnte jedoch kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Markraumbreite und der Komplikationsrate ermittelt werden, allerdings zeigten höhere Abstände keine vermehrte Pseudarthrosenrate. Wir können mit unseren Daten lediglich eine Tendenz aufzeigen. Ostrum et al. (2000) beschäftigten sich ebenfalls mit dem Nagel-Kanal-Abstand und stellten einen Zusammenhang zur längeren Heilungsdauer bei retrogradem Nagel fest. Demnach betrug hier der Abstand 0,82 bis 1,26 mm im Gegensatz zur antegraden Gruppe mit 0,57 bis 1,13 mm. Dieser Zusammenhang war nicht signifikant. Da wir die Heilungsdauer im Einzelfall retrospektiv nicht ermitteln konnten, können wir hierzu keinen Vergleich ziehen.

Der stationäre Aufenthalt der Patienten unserer Studie betrug im Mittel 22 Tage (1 bis 76d). Aus der Darstellung der jeweiligen Implantate wird ersichtlich dass die Plattenosteosynthese und der DFN mit längeren Verweildauern als der AFN einhergingen. Becher und Ziran (2012) ermittelten eine mittlere Verweildauer von nur 20d für den DFN bei einer

geringeren Polytraumarate von 31%, allerdings mit 100% offene Frakturen. Lediglich Fälle mit multiplen Verletzungen blieben hier durchschnittlich 24d. Köseoglu et al. (2011) lagen mit 14d für den AFN und 17d für die Plattenosteosynthese noch darunter, hatten aber auch eine zu unserer Studie vergleichsweise geringe Rate für offene Frakturen von 10%. Sadic et al. (2014) mit nur 6% offene Frakturen unterstützen die Angaben für AFN mit 15,5d. Weiss et al. (2009) sprechen sogar von nur 9d als Median der Verweildauer bei lediglich 2% offenen Frakturen. Eine Erklärung für die verlängerte Verweildauer unseres Klientels kann der höhere Schweregrad der Verletzungsmuster unseres Kollektives sein.

#### Fixateur externe/Damage control

In unserer Studie wurde bei 48% des Patientenguts mit einem Fixateur externe als abgestufte Primärversorgung (DCO) interveniert. Unsere Ergebnisse zeigen, dass die primäre Stabilisierung mit Fixateur keine höhere Komplikationsrate hatte. Erst nach 10 Tagen konnte ein deutlicher Anstieg der Infektionsrate verzeichnet werden. Allerdings ging die Versorgung mit einem längeren stationären Aufenthalt einher, wobei sich die Liegezeit annähernd verdoppelt (31d versus 15d). Dies wiederum ist auf die höhere Verletzungsschwere bzw. zweifachem Polytraumaanteil bei den Patienten mit Fixateur externe zurückzuführen. Nach Höntzsch (2010) ermöglicht diese Osteosyntheseform eine lokale temporäre Damage-Control-Chirurgie für Frakturen mit ausgedehntem Weichteilschaden und für polytraumatisierte Patienten und wird auch in unserer Klinik dementsprechend angewendet. Auch Kohler et al. (2002) unterstützen diese Position, halten aber eine definitive einzeitige Versorgung bei isolierter Femurschaftfraktur für sinnvoll. Weiss et al. (2009) sprechen mit einer 6% Gesamt-Fixateur-externe-Rate von einer viel geringer ausgeprägten temporären Interventionsstrategie. Aber auch hier finden wir eine höhere Rate von 17% bei offenen Frakturen. Unser hohes Aufkommen lässt sich durch den vergleichsweise hohen Anteil von Polytraumen am Leipziger Uniklinikum wie oben besprochen erklären. Wie in der Einleitung aufgeführt, existieren verschiedene Positionen einer abgestuften Primärversorgung (DCO) schwerstverletzter Patienten mit akut lebensbedrohlichem Gesamtverletzungsmuster versus der klassischen frühe Definitivversorgung (sog. ECT). Beide Konzepte werden in der neueren Literatur kontrovers diskutiert (Hildebrand et al. 2004, Stahel 2005, Weber und Pape 2012). Rixen et al. (2016) hebt beispielweise die Vorteile des ETC bei Femurschaftfraktur mit signifikant kürzeren

Beatmungs- und Intensivbehandlungsphasen hervor und erachtet eine Evaluation des DCO für notwendig. Diese Position unterstützt eine frühere Studie von Nicholas et al. (2011) die sich mit dem Verlauf von stabilen und Borderline-Patienten nach ETC und DCO befasst und zu vergleichbaren Ergebnissen findet. Die Hälfte aller Patienten (stabil und Borderline, I° und II° offene Frakturen soweit es die Verletzungsschwere zulässt) wurden am Universitätsklinikum Leipzig gemäß nach dem ETC am Aufnahme- bzw. Folgetag versorgt. Die Schwerverletzten sowie die III° offenen Frakturen werden an unserem Klinikum nach DC mit einer primären Stabilisation versorgt. In unserer Studie erhielten die Polytraumapatienten mit einem überwiegenden Anteil von 68% eine Intervention mittels Fixateur externe, wobei die Rate der Komplikationen der ETC gegenüber gleich blieb (siehe Ergebnisteil Tab. 10).

#### Operationszeitpunkt/-dauer

Die Mehrzahl der Operationen (73%) wurde tagsüber zwischen 8 und 20 Uhr ausgeführt (72% AFN, 70% DFN, 80% der Plattenosteosynthesen). Patel et al. (2014) fanden heraus, dass die Tageszeit keine postoperative Auswirkung bei IMN zeigt. Gegenteiliger Ansicht sind Hüfner et al. (2011) mit ihrer Studie die Tageszeit der Operation als den größten Einflussfaktor auf den Schweregrad der Rotationsfehlstellung bei unaufgebohrter IMN präsentiert (Nacht 15,2° zu Tag 10, 3°). Auch in unserer Studie können wir eine erhöhte Rotationsfehlerrate bei den nächtlich durchgeführten Operationen feststellen. Dies trifft jedoch nur für den DFN zu. Dem gegenüber steht eine erhöhte Gesamtkomplikationsrate der tagsüber (8-20 Uhr) durchgeführten Operationen. Im Vergleich zur Literatur werden Angaben zu Operationszeiten von 71 Min für AFN und 68 Min für DFN (Ostrum et al 2000) und 75 Min für DFN (Moed et al 1998) und zu  $116 \pm 40$  Min für AFN und  $147 \pm 58$  Min für DFN (Tornetta et al 2000) bis hin zu 175 Min für AFN (Sadic et al. 2012) beschrieben. Ricci et al. (2001) lagen im Durchschnitt bei 105 Min für AFN und 102 Min für DFN. Apivatthakakul et al. (2009) ermittelten nur 94 Min. für eine Plattenosteosyntheseoperation. Somit ist die Operationsdauer am Uniklinikum Leipzig vergleichbar mit den in der Literatur beschriebenen Angaben.



## EQ-5D

Der EQ-5D-3L ist ein standardisierter Gesundheitsfragebogen zur Messung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität aus der Sicht des Patienten und findet in bevölkerungsbezogenen, klinischen oder gesundheitsökonomischen Studien weltweit Einsatz wie beispielsweise in den traumatologischen Studien von Tidermark et al. 2002, Frihagen et al. 2008 und Larsen et al. 2015. Der Fragebogen gilt als ein einfach zu gebrauchendes Selbstinstrument, verlangt aber dennoch von den teilnehmenden Probanden einen komplexen kognitiven Bewertungsprozess über ihren Gesundheitszustand über eine definierte Zeitperiode abhängig von individuellen Anpassungsstrategien an die Gesundheitseinschränkungen (Coping) und unterscheidet sich von einer Fremdeinschätzung z.B. durch den Barthel-Index. Zur genauen Abbildung der teilweise geringen Fallanzahl in den Subgruppen entschieden wir uns für die Darstellung in ein- und fünfdimensionaler Zahl. Die in ökonomischen Evaluationen übliche alters-, geschlechts- und bildungsabhängige Darstellung der Auswertung vernachlässigten wir zugunsten der Gruppenaufteilung nach Implantatform mit Fokus auf die klinischen Aspekte und deren Anschaulichkeit. Unser Fragebogen wurde von in der Auswahl erfassten Patienten bei Wiedervorstellung abgefragt. Wir konnten von 52 Patienten mit 58 Fällen (6 Patienten wurden beidseits operiert) Beantwortungen auswerten. Dies entspricht einer Antwortquote von 37%, was für eine durchschnittliche Fallzahl in ähnlichen Studien aber eine geringere Beteiligung spricht und auf das retrospektive Studiendesign zurückzuführen ist. Die Plattenosteosynthesegruppe konnte leider nur eine sehr geringe Beteiligung aufweisen. Das Patientenkollektiv ist ähnlich dem Ursprungskollektiv mit einem höherem Durchschnittsalter von 42 Jahren und einem höheren Anteil an Patienten > 60 Jahre. An den Kofaktoren erkennt man einen höherem Schweregrad der Verletzungsmuster. Folgernd ist mit einer höheren Komplikationsrate und vermehrten Einschränkungen im Bereich der Lebensqualität zu rechnen. Es wurden 15 Fälle mit Komplikationen in der Eigenanamnese beschrieben und Infektionen, Pseudarthrose und Wundheilungsstörungen angegeben. In 14 Fällen wurde aufgrund dessen nachoperiert. Damit lag die Komplikationsrate mit 17% über der des Ursprungskollektives mit einem deutlich höheren Anteil bei DFN-Implantierten bezüglich Pseudarthrose, Implantatbruch und sekundäre Dislokation. Dem widerspricht eine deutlich geringere mittlere Verweildauer des befragten Kollektives. In die

Kofaktoren wurden keine vorbestehenden orthopädischen Gelenkbeschwerden und nur diagnostizierte psychische Auffälligkeiten aufgenommen.

Wir fanden in der AFN-Gruppe überwiegend keine oder nur mittelgradige Beschwerden. Hingegen wurden in der DFN-Gruppe mehrheitlich mittelgradige Beschwerden angegeben. Dies betraf die Kategorien der Mobilität, Schmerzen (vorwiegend Kniegelenk) und ADL (Aktivitäten des täglichen Lebens) so wie es in den Langzeitstudien von Salem et al. (2006) und El Moumni et al. (2012) und in anderen Studien beschrieben wurde (siehe oben). In unserer Studie wurden in der DFN-Gruppe 27% massive Schmerzen angegeben jedoch ohne deutliche Einschränkungen der Beweglichkeit. Die Beeinträchtigung der ADL war in der AFN-Gruppe ausgeprägter obgleich wir keine vermehrten Hüftschmerzen feststellen konnten. Die fünf Fälle mit Plattenimplantaten stellten sich im Outcome ähnlich der AFN-Gruppe dar nur das prozentual häufiger massive Beschwerden angegeben wurden. Ein Drittel der Patienten wurden nochmals operiert. Bis zu 35% der Patienten mit Plattenosteosynthese und DFN beschrieben leichte bis mittlere Symptome von Angst und Depression. Mit diesem Problem befassten sich McCarthy et al. (2003) und stellten bei Patienten nach ernsthaften Verletzungen der unteren Extremitäten eine Assoziation zu Phobie/Angst/Depression bei bis zu 48% im dreimonatigen und bis zu 20% im längeren Verlauf fest und empfehlen neben der physischen auch der psychischen Gesundheit Beachtung einzuräumen, um zu einer besseren Genesung der Patienten beizutragen. Zu dem gleichen Ergebnis kamen Bhandari et al. (2008) die bei 20% der Patienten nach einem orthopädisches Trauma eine Beeinträchtigung der QoL (Quality of life) und der Psyche feststellten. Diese Untersuchungen wurde mit Hilfe des SF-36 und dem Brief Symptom Inventory (BSI) durchgeführt. Nach unseren Ergebnissen können wir uns diesem Anliegen anschließen und finden eine Unterstützung der psychischen Gesundheit gerade nach gravierendem Traumahergang aus ganzheitlicher Sicht auf unsere Patienten für sinnvoll und nachhaltig um langfristig Beeinträchtigung und Behinderung vorzubeugen.

Als üblich eingesetztes Instrumente zur Messung der QoL (Quality of life) wird neben dem EQ-5D international häufig der Short Form 36 (SF-36) Fragebogen genutzt (Moock et al. 2009) sowie im englischen Sprachraum das Nottingham Health Profile (NHP) (Kohlmann et al 1997). In traumatologischen Studien beispielsweise von Bhandari et al. (2008), Phillips et al. (2011) und Wei-Han Tay et al. (2014), die sich mit ähnlichen Themen beschäftigen, wurde

der SF-36 eingesetzt. Krankheitsspezifisch in der Traumatologie werden unter anderem der Hip disability and Osteoarthritis Outcome Score (HOOS), Trauma Outcome Profile (TOP) und der Quality-of-Life-after-Brain-Injury- (QOLIBRI-) Fragebogen verwendet (Kohlmann et al 2010). Beschließend kann gesagt werden, dass in unserer Arbeit der Einbezug des EQ-5D eine gute und anerkannte Screening Methode besonders für den postoperativen klinischen Verlauf bietet. Sie kann hilfreich sein, diejenigen Patienten herauszufiltern, die durch eine Reevaluation der patientenorientierten Ergebnismessung von einer korrekativen Operation profitieren könnten. Weiterhin können die Daten in ökonomischen Studien Verwendung finden.

### Limitationen der Studie

Bisher wurden in ähnlichen Studien zumeist zwei Osteosyntheseformen mit ausgeglichenen Fallzahlen gegenüber gestellt, wohingegen wir drei Implantate berücksichtigten. Unser Umfang der Studienpopulation stellt sich im Gegensatz dazu unausgeglichen dar zu Lasten der retrograden (n=28) und der Plattenosteosynthese-Gruppe (n=12) mit verhältnismäßig geringen Fallzahlen. Da die Plattenosteosynthese vorwiegend in der pädiatrischen Versorgung von Femurschaftfrakturen oder nur bei besonderer Indikation (siehe Kapitel Operative Frakturversorgung – Plattenosteosynthese) Verwendung findet, ist diese Implantatform in unserer Studie unterrepräsentiert. Im Vergleich mit ähnlichen Studien die das objektive Outcome analysieren, ist dies eine verhältnismäßig durchschnittliche bis niedrige Anzahl an untersuchten Fällen (Ostrum et al 2000, Tornetta und Tiburzi 2000, Ricci et al 2001, Zhang et al 2015) was eine statistische Auswertung erschwert, aber Tendenzen aufzeigen kann. Im Vergleich zu Studien welche das subjektive Outcome bezüglich der QoL (Quality of life) betrachteten, ist es wiederum eine vergleichsweise hohe Anzahl an Patienten (Larsen et al 2015, Aktselis et al 2014). Allerdings erschweren auch hier die unausgeglichenen Fallzahlen signifikante Aussagen. Eine weitere Limitation der Studie ist des retrospektive Design, wobei sich die Auswertung auf bereits erhobene Daten stützt und Fragestellungen nicht bei allen eingeschlossenen Patienten Beantwortung finden bzw. Daten unvollständig sind oder gar fehlen können. Weiterhin wurde der EQ-5D nicht standardmäßig von allen Patienten abgefragt und folglich ist auch hier die Fallzahl geringer oder die Beantwortung der Fragen unvollständig. Die Befragung nach der Lebensqualität fand in einem weiten uneinheitlichen Zeitrahmen nach Versorgung (1 ½ bis 8 Jahre) statt.

## 6. Zusammenfassung der Arbeit

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Dr. med.

**Titel:** Klinische Ergebnisse nach Osteosynthese der Femurschaftfraktur -  
Eine retrospektive Analyse von 142 Patienten

**eingereicht von:** Nora Klopsch

**angefertigt an:** Universitätsklinikum Leipzig, Department für Operative Medizin Klinik  
für Orthopädie, Unfallchirurgie und Plastische Chirurgie

**betreut von:** Oberarzt

**Monat und Jahr:** März 2019

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um eine retrospektive Studie, die am Universitätsklinikum Leipzig Department für Operative Medizin Klinik für Orthopädie Unfallchirurgie und Plastische Chirurgie durchgeführt wurde. Es wurden 142 Patienten mit 159 Fällen (17 Patienten wurden beidseitig operiert) einer Femurschaftfraktur eingeschlossen, die im Zeitraum Januar 2003 bis Dezember 2010 mittels einer Osteosynthese versorgt wurden. Von den 159 Frakturen wurden 118 Fälle (74%) mit einem antegraden und 28 Fälle (18%) mit einem retrograden Femurnagel stabilisiert. Bei 12 Fällen (8%) kam eine Plattenosteosynthese zum Einsatz. Postoperativ traten bei insgesamt 18 Fällen (11%) Komplikationen (Pseudarthrose, Infektion, Implantatbruch, Rotationsfehler, sek. Dislokation) auf, wobei sich die geringste Komplikationsrate bei AFN mit 9% verzeichnete vs. 17% bei Plattenosteosynthese und 18% bei DFN. Die Pseudarthroserate betrug bei AFN 3%, bei DFN 4% und bei Plattenosteosynthese 8%. Die Letalität stellte sich insgesamt mit 0% dar. 64% der Patienten waren polytraumatisiert und 14 % erlitten eine offene Femurschaftfraktur. Im Rahmen einer *Damage Control Surgery* wurden 49% der Fälle primär mit einem Fixateur externe versorgt. Der nachfolgende Verfahrenswechsel fand zwischen dem 3. und 14. Tag statt. Die stationäre Verweildauer war bei den Patienten mit Verfahrenswechsel im Mittel doppelt so hoch. Eine erhöhte Rate an chirurgischen Komplikationen zeigte sich bei dem zweizeitigen Verfahren nicht.

Die subjektive Lebensqualität wurde mit dem EQ-5D Fragebogen erfasst, der 37% der Patienten vorlag. Hier zeigte sich, dass nach DFN mehr Beschwerden in Mobilität, Selbstfürsorge und Ausübung von alltäglichen Aktivitäten sowie insbesondere Schmerzen

auftraten als bei Versorgung mittels AFN. Relativ traten die meisten erhebliche Einschränkungen in allen Bereichen der EQ-5D Kategorien nach Plattenosteosynthese auf. Allerdings lag der Anteil der >60 Jährigen hier doppelt so hoch als nach IMN.

Zusammenfassend lässt sich konstatieren, dass sowohl der antegrade als auch der retrograde Marknagel sichere Implantate sind und hohe Ausheilungsraten bei Femurschaftfrakturen gewährleisten. Der antegrade Marknagel weist hinsichtlich der postoperativen Komplikationsraten (s.o.) und subjektiver Lebensqualität Vorteile auf. Die Marknagelosteosynthese nach primärer Stabilisierung mittels Fixateur externe führt nicht zu einer erhöhten lokalen Komplikationsrate.

## 7. Anhang

### 7.1 Literaturverzeichnis

**Aktselis I, Kokoroghiannis C, Fragkomichalos E, Koundis G, Deligeorgis A, Daskalakis E, Vlamis J, Papaioannou N (2014):**

Prospective randomised controlled trial of an intramedullary nail versus a sliding hip screw for intertrochanteric fractures of the femur. International Orthopaedics (SICOT) 38: 155–161

**Prof. Dr. Amelung V, Prof. Dr. Mühlbacher A, Dr. Krauth Ch (2014):**

Springer Gabler Verlag (Herausgeber), Gabler Wirtschaftslexikon, Stichwort: EQ-5D (EuroQol), gesundheitsbezogene Lebensqualität online im Internet:  
<http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/18104/eq-5d-euroqol-v10.html>

**Apivatthakakul T, Chiewcharntanakit S (2009):**

Minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) in the treatment of the femoral shaft fracture where intramedullary nailing is not indicated.  
International Orthopaedics (SICOT) 33:1119–1126

**Attal R, Blauth M (2010):**

Unaufgebohrte Marknagelung. Orthopäde 39: 182-191

**Bhandari M, Busse JW, Hanson BP, Leece P, Ayeni OR, Schemitsch EH (2008):**

Psychological distress and quality of life after orthopedic trauma: an observational study. Can J Surg, Vol. 51, No. 1, February

**Baker, Susan (1974):**

The ISS: A method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. The Journal of Trauma: Injury, Infection and Critical Care: 187-196

**Becher S, Ziran B (2012):**

Retrograde intramedullary nailing of open femoral shaft fractures: a retrospective case series. J Trauma Acute Care Surg. Mar;72(3): 696-8

**Berchtold R (2008):**

Chirurgie, 6. Auflage. Elsevier München, S.332-333

**Böhler L (1963):**

Die Technik der Knochenbruchbehandlung. Wilhelm Maudrich, Wien

**Braten M, Terjesen T, Rossvoll I (1995):**

Femoral shaft fractures treated by IM. A Follow-up study focusing on problems related to the method. Injury Vol. 26, Nr 6, pp: 379-383

**Canadian Orthopaedic Trauma Society (2003):**

Nonunion following intramedullary nailing of the femur with and without reaming. Results of a multicenter randomized clinical trial. J Bone Joint Surg Am. Nov;85-A(11): 2093-6

**Citak M, Kendoff D, Gardner MJ, Oszwald M, Krettek C, Hübner T (2008):**

Mechanische Einflussfaktoren der Marknagelung auf die femorale Antetorsion. Optobiomechanische Messungen. Unfallchirurg 111, pp: 240-246

**Daglar B, Gungor E, Delialioglu OM, Karakus D, Ersoz M, Tasbas BA, Bayrakci K, Gunel U (2009):**

Comparison of knee function after antegarde and retrograde IMN for diaphyseal femoral fractures: result if isokinetic evaluation. J Orthop Trauma 23 pp: 640-644

**Dahlen C, Zwipp H (2001):**

Computerassistierte OP-Planung. 3-D Software für den PC. Unfallchirurg 104: 465-479

**Dickson KF, Galland MW, Barrack RL (2002):**

Magnetic resonance imaging of the knee after ipsilateral femur fracture. J Orthop Trauma 16: 567-571

**Dovi-Akue D, Hölzl A, Verheyden AP (2009):**

Orthopädie und Unfallchirurgie up2date. Thieme Stuttgart, S.63-84

**El Maraghy AW, Schemitsch EH, Richards RR (1998):**

Femoral and cruciate blood flow after retrograde femoral reaming: a canine study using laser Doppler flowmetry. J Orthop Trauma 12: 253-258

**El Moumni M, Voogd EH, ten Duis HJ, Wendt KW (2012):**

Long-term functional outcome following intramedullary nailing of femoral shaft fractures. Injury Jul;43(7):1154-8

**Fakhry SM, Rutledge R, Dahners LE, Kessler D (1994):**

Incidence, management, and outcome of femoral shaft fracture: a statewide populationbased analysis of 2805 adult patients in a rural state. J Trauma 37: 255-260

**Friedl W (1991):**

Eine einfache, schnelle und kostengünstige distale Verriegelungsmethode bei Ober- und Unterschenkelmarknagelungen. Chirurg 62: 423-425

**Frihagen F, Grotle M, Madsen JE, Wyller TB, Mowinckel P, Nordsletten L (2008):**

Outcome after femoral neck fractures: a comparison of Harris Hip Score, Eq-5d and Barthel Index. Injury. Oct;39(10): 1147-56

**Foltin E, Helml F, Rodemund Ch, Haller H (1993):**

Polytrauma und Letalitätsvorhersage. Unfallchirurgie 19: 81-88

**Grass R, Biewener A, Endres T, Rammelt S, Barthel S, Zwipp H (2002a):**  
Klinische Erprobung des distalen Femurnagels. Unfallchirurg 105: 783-790

**Grass R, Biewener A, Rammelt S, Zwipp H (2002b):**  
Die retrograde Verriegelungsnagelosteosynthese distaler Femurfrakturen mit dem distalen Femurnagel DFN. Unfallchirurg 105: 298–314

**Grechenig W, Fellingner M, Peicha G (2002):**  
Grundlagen der Fixateur-externe-Montage. European Surgery 34: 29-32

**Gustilo RB, Mendoza RM, Williams DN (1984):**  
Problems in the management of type III (severe) open fractures: a new classification of type III open fractures. Trauma 24: 742-746

**Haas NP, Krettek C (2012):**  
Tscherne Unfallchirurgie : Hüfte und Oberschenkel.  
Springer Berlin Heidelberg, S. 239-318 und 335-358

**Halvorson J, Barnett M, Jackson B, Birkedal JP (2012):**  
Risk of septic knee following retrograde intramedullary nailing of open and closed femur Fractures. Halvorson et al. Journal of Orthopaedic Surgery and Research, 7:7

**Heim UFA (2011):**  
Das Phänomen AO. Gründung und erste Jahre der Arbeitsgemeinschaft für das Studium der Osteosynthese. Verlag Hans Huber Bern

**Hildebrand F, Giannoudis P, Krettek C, Pape HC (2004):**  
Damage control: Extremities. Injury, Int. J. Care Injured: 678—689

**Höntzsch D, Weise K, Weller S (2000):**  
Verfahrenswechsel vom Fixateur externe zur Marknagelosteosynthese an Femur und Tibia. Trauma Berufskrankheit: 101–110

**Höntzsch D (2010):**  
Fixateur-externe-Osteosynthese. Orthopäde 39: 192-200

**Holmenschlager F, Piatek S, Halm JP, Winckler S (2002):**  
Retrograde Marknagelung von Femurfrakturen mit dem langen Nagel - eine prospektive Studie. Unfallchirurg 105: 1100–1108

**Hüfner T, Oszwald M, Stübig T, Brunnemer U, Gössling T, Krettek C, Citak M (2009):**  
Femurschaftfraktur. Computergestützte Reposition und Torsionskontrolle. Trauma Berufskrankh 11: 148-151



**Hüfner T, Citak M, Suero EM, Miller B, Kendoff D, Krettek C, Citak M. (2011):**

Femoral malrotation after unreamed intramedullary nailing: an evaluation of influencing operative factors. J Orthop Trauma Apr;25(4): 224-7

**Karadimas EJ, Papadimitriou G, Theodoratos G, Papanikolaou A, Maris J (2009):**

The effectiveness of the antegrade reamed technique: the experience and complications from 415 traumatic femoral shaft fractures. Strategies Trauma Limb Reconstr. 4 (3): 113-21

**Kanlic EM, Pachon CM (2001):**

Minimally invasive plate osteosynthesis of the femur. Operative Techniques in Orthopaedics. 11: 156-167

**Kauffmann GW, Moser E, Sauer R (2006):**

Radiologie 3. Auflage. Elsevier München, S. 150

**Kempf I, Jaeger JH, Weigel A (1978):**

Biomechanische Untersuchungen zur Verriegelungsnagelung Symposium Verriegelungsnagelung Wien. Bern, S. 41–45

**Keppler P, Strecker W, Kinzl L (1998):**

Analyse der Beingeometrie – Standardtechniken und Normwerte. Chirurg 69: 1141-1152

**Kinzl L (2000):**

Computerassistierte Chirurgie. Unfallchirurg 103: 611

**Klemm K, Schellmann WD (1972):**

Dynamische und statische Verriegelung des Marknagels. Unfallheilkunde 75: 568–575

**Knudsen CJ, Grobler GP, Close RE (1991):**

Inserting the screws in a locked femoral nail. J Bone and Joint Surg Br. 73: 660-661

**Köseoglu E, Durak K, Bilgen MS, Küçükalp A, Bayyurt S (2011):**

Comparison of two biological internal fixation techniques in the treatment of adult femur shaft fractures (plate-screws and locked intramedullary nail)  
Ulus Travma Acil Cerrahi Derg 17 (2): 159-165

**Kohler H, Schmickal T, Wentzensen A (2002):**

Fixateur externe und alternative Fixationsmethoden beim offenen Oberschenkelchaftbruch. Trauma Berufskrankheit 4: 228-235

**Kohlmann T, Bullinger M, Kirchberger-Blumstein I (1997):**

Die deutsche Version des Nottingham Health Profile (NHP): Übersetzungsmethodik und psychometrische Validierung. Sozial- und Präventivmedizin Volume 42, Issue 3, pp: 175–185

**Kohlmann T, Bahr K, Moock J (2010):**

Gesundheitsbezogene Lebensqualität als Outcomekriterium in der Traumatologie.  
Der Unfallchirurg June Volume 113, Issue 6, pp: 456–461

**Kohn D, Pohlemann T (2009):**

Operationsatlas für die orthopädisch-unfallchirurgische Weiterbildung.  
Springer Berlin, S. 174-175

**Krämer J, Grifka J (2007):**

Orthopädie Unfallchirurgie. 8.Auflage. Springer Berlin, S.36-37

**Krettek C (1998a):**

Fraktur und Weichteilschaden. Chirurg 69: 684-700

**Krettek C, Gösling T (2012):**

Tscherne Unfallchirurgie. Springer Verlag Berlin-Heidelberg, S. 240

**Krettek C, Schandelmaier P, Tscherne H (1998b):**

Stabilisierung von Femurschaftfrakturen mit dem soliden unaufgebohrten Femurnagel (UFN) und Standardverriegelung. Operative Orthopädie und Traumatologie: 183-97

**Krettek C (2001):**

Prinzipien der intramedullären Knochenbruchstabilisierung Teil 1 und 2: Operationstechnik.  
Unfallchirurg 104: 639- 653 und 748-771

**Küntscher G (1962):**

Praxis der Marknagelung. Schattauer, Stuttgart

**Lanz T, Wachsmuth W (2004):**

Praktische Anatomie Bein und Statik 1. Band Teil 4. Springer Heidelberg-Berlin, S. 24-54

**Larsen P, Elsoe R, Graven-Nielsen T, Laessoe U, Rasmussen S (2015):**

Decreased muscle strength is associated with impaired long-term functional outcome after intramedullary nailing of femoral shaft fracture. J Trauma Emerg Surg 41: 673–681

**Lobenhoffer P, Krettek C, Tscherne H (1997):**

Das komplexe Kniegelenktrauma. Orthopäde 26: 1037-1045

**Lögters T, Windolf J, Flohé S (2009):**

Femurschaftfrakturen. Unfallchirurg 112: 635–651

**Maatz R, Arens W, Lentz W (1983):**

Die Marknagelung und andere intramedulläre Osteosynthesen.  
Schattauer Stuttgart, S. 301-317

**McCarthy ML, MacKenzie EJ, Edwin D, Bosse MJ, Castillo RC, Starr A; LEAP study group (2003):**

Psychological distress associated with severe lower-limb injury.  
J Bone Joint Surg. Am Sep. , 85-A(9), 1698-1697

**Moed BR, Watson JT (1995):**

Retrograde intramedullary nailing, without reaming, of fractures of the femoral shaft in multiply injured patients. J Bone Joint Surg Am, Oct; 77 (10) pp 1520 -1527

**Mohammad T, Khan A, Ahmed A, Awan AS, Siddique (2015):**

Outcomes in closed reamed interlocking nail in fractures of shaft of femur.  
J Ayub Med Coll Abbottabad. Oct-Dec;27(4): 811-6.

**Moock J, Bahr K, Bak P, Kohlmann T (2009):**

Lebensqualitätsmessinstrumente in der Rehabilitation Unfallverletzter.  
Trauma Berufskrankh 11 Suppl 3: 418-422

**Müller ME, Allgöwer M, Schneider R, Willenegger H (1992):**

Manual der Osteosynthese. AO-Technik. Springer Berlin

**Muhr G, Knopp W (1989):**

Die postoperative Einteilung traumatischer Weichteilschäden als Versorgungshilfe.  
Unfallchirurg 92: 453-458

**Neubauer T, Wagner M (2009):**

Aktueller Stand der minimal-invasiven Plattenosteosynthese Teil 2: Spezielles.  
Unfallchirurg 112: 981-996

**Neubauer T (2012):**

Distale Femurfrakturen. Unfallchirurg 115: 433-450

**Neumann MV, Südkamp NP, Strohm PC (2015):**

Management of femoral shaft fractures. Acta Chir Orthop Traumatol Cech. 82(1):22-32

**Nicholas B, Toth L, van Wessem K, Evans J, Enninghorst N, Balogh Z (2011):**

Borderline femur fracture patients: early total care or damage control orthopaedics?  
ANZ J Surg 81: 148-153

**Nutz V, Heitmann HD (1989):**

Einfluß von Operationszeitpunkt und Durchblutungswertigkeit verschiedener  
Femurschaftabschnitte auf die Frakturheilung. Langenbecks Arch Chir 374: 340-348

**Osler T, Baker S, Long W (1997):**

A Modification of the Injury Severity Score That Both Improves Accuracy and Simplifies  
Scoring. Journal of Trauma-Injury Infection & Critical Care: 922-926

**Ostrum RF, Agarwal A, Lakatos R, Poka A (2000):**

Prospective comparison of retrograde and antegrade femoral intramedullary nailing.  
J Orthop Trauma. Sep-Oct;14(7): 496-501

**O'Toole RV, Richi K, Cannada LK (2010):**

Analysis of postoperative knee sepsis after retrograde nail insertion of open femoral shaft.  
J Orthop Trauma 24 pp: 677-682

**Papadokostakis G, Papakostidis C, Dimitriou R, Giannoudis PV (2005):**

The role and efficacy of retrograding nailing for the treatment of diaphyseal and distal femoral fractures: a systematic review of the literature.  
Injury, Int. J. Care Injured 36, 813—822

**Patel NM, Yoon RS, Koerner JD, Donegan DJ, Liporace FA (2014):**

Timing of diaphyseal femur fracture nailing: is the difference night and day?  
Injury Mar;45(3): 546-9

**Patterson B, Routt M, Benirschke S, Hansen S (1995):**

Retrograde Nailing of Femoral Shaft Fractures.  
Journal of Trauma-Injury Infection & Critical Care Volume 38 (1) pp 38-43

**Pfister U (2010):**

Marknagelung nach Aufbohrung. Orthopäde 39: 171–181

**Phillips JRA, Trezies AJH, Davis TRC (2011):**

Long-term follow-up of femoral shaft fracture: Relevance of malunion and malalignment for the development of knee arthritis. Injury, Int. J. Care Injured 42 pp: 156–161

**Platzer W (1999):**

Taschenatlas der Anatomie Band 1. Thieme Stuttgart 7. Auflage, S.192-194

**Povacz F (2007):**

Geschichte der Unfallchirurgie. Springer Berlin, S. 125-219

**Rabin R, Oemar M, Oppe M (2011):**

EQ-5D-3L User Guide Version 4.0. EuroQol Group

**Ricci WM, Bellabarba C, Evanoff B, Herscovici D, DiPasquale T, Sanders R (2001):**

Retrograde versus antegrade nailing of femoral shaft fractures.  
J Orthop Trauma.Mar-Apr;15(3): 161-9

**Ricci WM, Gallagher B, Haidukewych GJ (2009):**

Intramedullary nailing of femoral shaft fractures: current concepts.  
J Am Acad Orthop Surg. May;17(5): 296-305

**Rixen D, Steinhausen E, Sauerland St, Lefering R, Maegle M, Bouillon B,**

**Grass G, Neugebauer E and members of the Damage Control Study Group (2016):**

Randomized, controlled, two-arm, interventional, multicenter study on risk-adapted damage control orthopedic surgery of femur shaft fractures in multipletrauma Patients. Rixen et al. Trials 17: 47

**Rüedi TP, Murphy WM, Colton CL (2003):**

AO-Prinzipien des Frakturmanagments. Thieme Stuttgart New York

**Rüter A, Trentz O, Wagner S (2008):**

Unfallchirurgie. Elsevier München, S. 83-84 und 997-1012

**Sadic S, Custovic S, Smajic N, Fazlic M, Vujadinovic A, Hrustic A, Jasarevic M (2014):**

Complications and Functional Recovery in Treatment of Femoral Shaft Fractures with Unreamed Intramedullary Nailing. Med Arh. Feb; 68(1): 30-33

**Sarmiento A, Latta LL (1981):**

Fractures of the femur. Sarmiento A, Latta LL (Hrsg) Closed functional treatment of fractures. Springer Berlin, S. 297–338

**Schandelmeier P, Stephan C, Krettek C, Tscherne H (2000):**

Distale Femurfrakturen. Unfallchirurg 70: 428-436

**Schumpelick V (2006):**

Operationsatlas Chirurgie. Thieme Stuttgart, 2. Auflage

**Schütz M, Sturm S, Kolbeck S, Südkamp NP (2000):**

Solider Femurmarknagel in unaufgebohrter Technik (UFN).  
Trauma und Berufskrankheit 2: 78-85

**Siekman H, Irlenbusch L (2011):**

Operationsberichte Unfallchirurgie. Springer Berlin, S. 134

**Siewert JR (2001):**

Siewert Chirurgie. Springer Berlin, S.872-876

**Shah S, Desai P, Mounasamy V (2015):**

Retrograde nailing of femoral fractures: a retrospective study.  
Eur J Orthop Surg Traumatol 25:1093–1097

**Smrke D, Princic J (2000):**

Platten- und Schraubenosteosynthese bei Femurschaftfrakturen. Unfallchirurg 103: 110-114

**Stahel PF, Heyde CE, Wyrwich W, Ertel W (2005):**

Aktuelle Konzepte des Polytraumamanagements: Von ATLS zu „Damage Control“  
Orthopäde 34: 823–836

**Stannard J (2012):**

Spezielle Unfallchirurgie – Femurschaftfrakturen. Thieme Stuttgart, S. 657- 671  
<https://www.thieme-connect.de/products/ebooks/pdf/10.1055/b-0034-31382.pdf>

**Synthes Hrsg. (2005):**

DFN Distal Femoral Nail - Surgical technique - Standard Locking - Spiral Blade Locking

**Synthes Hrsg. (2006):** DFN Distaler Femurnagel

**Synthes Hrsg. (2012):**

Kleinfragmentsystem. Instrumente und Implantate für die Plattenosteosynthese  
Operationstechnik

**Szende A, Oppe M, Devlin N (2007):**

EQ-5D Value Sets - Inventory, Comparative Review and User Guide. EuroQol Group  
Monographs

**Szende A, Janssen B, Cabases J (2014):**

Self-Reported Population Health: An International Perspective based on EQ-5D  
Juan Cabase´s Springer Verlag 2014

**Tay, Seow-Yian (2004):**

Comparison of the New Injury Severity Score and the Injury Severity Score. Journal of  
Trauma-Injury Infection & Critical Care: 162-164

**Tidermark J, Zethraeus N, Svensson O, Törnkvist H, Ponzer S (2002):**

Femoral neck fractures in the elderly: functional outcome and quality of life according to  
EuroQol. Qual Life Res. Aug;11(5): 473-81

**Tornetta P, Tiburzi D (2000):**

Antegrade or retrograde reamed femoral nailing – a prospective, randomised trail.  
J Bone Joint Surg [Br] 82-B: 652-4

**Trompeter A, Newman K (2013):**

Femoral shaft fractures in adults. Orthopaedics an Trauma 27:5 : 322 -331

**Tscherne H, Oestern HJ (1982):**

Die Klassifizierung des Weichteilschadens bei offenen und geschlossenen Frakturen.  
Unfallheilkunde 85: 111-115

**Tscherne H, Oestern HJ (1983):**

Pathophysiologie und Klassifikation des Weichteilschadens. Unfallheilkunde 162: 1-10

**van Reenen M, Janssen B (2015):**

EQ-5D-5L User Guide Version 2.1 April.

[http://www.euroqol.org/fileadmin/user\\_upload/Documenten/PDF/Folders\\_Flyers/EQ-5D-5L\\_UserGuide\\_2015.pdf](http://www.euroqol.org/fileadmin/user_upload/Documenten/PDF/Folders_Flyers/EQ-5D-5L_UserGuide_2015.pdf)

**Weber CD, Pape HC (2012):**

Polytrauma – Versorgungsstrategie. Orthopädie und Unfallchirurgie up2date 7: 487–504

**Wei-Han Tay, de Steiger R, Richardson M, Gruen R, Balogh Z (2014):**

Health outcomes of delayed union and nonunion of femoral and tibial shaft fractures. Injury, Int. J. Care Injured 45 pp: 1653-1658

**Weiss RJ, Montgomery SM, Al Dabbagh Z, Jansson KA (2009):**

National data of 6409 Swedish inpatients with femoral shaft fractures: Stable incidence between 1998 and 2004. Injury 40: 304–308

**White BJ, Hawkes TK, Herzog MM (2016):**

Hip Pain After a Femoral Fracture: It Is Not Always Related to the Implant. Orthopedics. Jul 19:1-5

**Wick M, Muhr G (2005):**

Ante- und retrograde Marknagelung bei Femurschaftfrakturen. Trauma und Berufskrankheit Volume 7, Issue 2, pp: 103–106

**Wilharm A, Gruhn M, Müller M, Gras F, Marintschev I, Hofmann GO, Mückley T (2008):**

Navigationsgestützte Marknagelung von Femurschaftfrakturen – experimentelle und klinische Ergebnisse. Z Orthop Unfall 146: 754–759

**Wirth CJ (2010):**

Komplikationen in Orthopädie und Unfallchirurgie: vermeiden, erkennen, behandeln, Thieme Stuttgart, S. 155-160

**World Health Organisation (1946)** Preamble to the Constitution of the WHO as adopted by the International Health Conference, New York signed on 22 July 1946 by the representatives of 61 States (Official Records of the World Health Organization, no. 2, p. 100) and entered into force on 7 April 1948. WHO, Genf

**Wurzinger LJ (2007):**

Duale Reihe Anatomie. Thieme Stuttgart 1.Auflage, S. 329-332.

**Wentzensen A, Schmidt AH, Stannard JP, Gebhard F, Grützner PA, Kregor, P.J., Ruchholtz S, Stöckle U (2012):** Spezielle Unfallchirurgie. Thieme Stuttgart, S.658-679

**Zhang F, Zhu L, Li Y, Chen A (2015):**

Retrograde versus antegrade intramedullary nailing for femoral fractures: a meta-analysis of randomized controlled trials. Curr Med Res Opin.;31(10): 1897-902

[http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Life\\_expectancy\\_at\\_birth,\\_1980–2013\\_\(years\)\\_YB15.png](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Life_expectancy_at_birth,_1980–2013_(years)_YB15.png)  
Luxemburg 2015

AO/OTA Fracture and Dislocation Classification Compendium (2017)

Abgerufen von <http://www.aofoundation.org/legal>

ISS (o.D.) Abgerufen von: <http://www.traumascores.com>

ISS (o.D.) Abgerufen von: <http://www.trauma.org/scores>

## 7.2 Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Femur in Putz und Pabst (2006)  
Sobotta. Elsevier GmbH München 22. Auflage, S. 275
- Abb. 2: Die physiologischen Achsenverhältnisse der unteren Extremität  
In: Liener, UC., Strecker W, Keppler P, Kinzl L (1997) Posttraumatische Beindeformitäten. Springer Berlin Heidelberg New York, S. 71
- Abb. 3: Die Innervation der unteren Extremitäten Putz und Pabst (2006)  
Sobotta. Elsevier GmbH München 22. Auflage, S. 275
- Abb. 4: M.E. Müller in Müller ME, Allgöwer M, Schneider R, Willenegger H (1992):  
Manual der Osteosynthese. Ao-Technik, 3. Aufl. Springer Berlin Heidelberg
- Abb. 5: AO-Klassifikation der diaphysären Oberschenkelfraktur in Müller-AO-  
Klassifikation für lange Röhrenknochen (2008) by AO Publishing, Switzerland
- Abb. 6: Handlungsalgorithmus polytraumatisierter Patienten in Weber CD und Pape  
HC (2002): Polytrauma-Versorgungsstrategie in Orthopädie und  
Unfallchirurgie up2date, S. 487–504
- Abb. 7: Griffes metalliques von Malagaigne in Hamilton (1884)
- Abb. 8: Standardverriegelung (AFN) bei isolierter Femurschaftfraktur in Synthes  
(2007)
- Abb. 9: LCD-Plattenlöcher mit gewindetragendem Teil für Verriegelungsschrauben  
und DCU-Teil für Standardschrauben in Synthes (2006)
- Abb. 10: Indikationsbereich am Femur in Synthes (2005)
- Abb. 11: Antegrader Femurnagel (AFN) in Zimmer (2005)
- Abb. 12: Stilisierte Darstellung der Ausmessungen am Röntgenbild Femur
- Abb. 13 und 14: Röntgenbilder unserer Patienten aus dem Magic Web Archiv  
Universitätsklinikum Leipzig
- Abb. 15 bis 25: erstellte Diagramme aus SPSS und Mac Excel zur Darstellung von  
Verteilungen unserer erhobenen Daten



### 7.3 Erklärung über die eigenständige Abfassung der Arbeit

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne unzulässige Hilfe oder Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Ich versichere, dass Dritte von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen, und dass die vorgelegte Arbeit weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde zum Zweck einer Promotion oder eines anderen Prüfungsverfahrens vorgelegt wurde. Alles aus anderen Quellen und von anderen Personen übernommene Material, das in der Arbeit verwendet wurde oder auf das direkt Bezug genommen wird, wurde als solches kenntlich gemacht. Insbesondere wurden alle Personen genannt, die direkt an der Entstehung der vorliegenden Arbeit beteiligt waren. Die aktuellen gesetzlichen Vorgaben in Bezug auf die Zulassung der klinischen Studien, die Bestimmungen des Tierschutzgesetzes, die Bestimmungen des Gentechnikgesetzes und die allgemeinen Datenschutzbestimmungen wurden eingehalten. Ich versichere, dass ich die Regelungen der Satzung der Universität Leipzig zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis kenne und eingehalten habe.

.....

Datum

.....

Unterschrift